

**Valorização de subprodutos da indústria arroseira
para desenvolvimento de uma Mix isenta de glúten para
bases de pizza**

Diana Ribeiro Narciso

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em:

ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientador: Professora Doutora Isabel de Sousa

Co-orientador: Professora Doutora Anabela Raymundo

(Versão Provisória)

Lisboa, 2015

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio e colaboração de várias pessoas que para ele contribuíram de várias formas. Por isso quero agradecer:

- ❖ À Professora Doutora Isabel de Sousa pela orientação e disponibilidade.
- ❖ À Professora Doutora Anabela Raymundo pela orientação, disponibilidade, apoio, críticas construtivas e sugestões ao longo do desenvolvimento do trabalho.
- ❖ À Engenheira Patrícia Fradinho e aos técnicos de laboratório do PAI, pelo apoio e esclarecimento de dúvidas nos ensaios experimentais.
- ❖ À minha amiga de sempre, Inês Gonzalez, pela ajuda e paciência na concretização da Análise Sensorial.
- ❖ Ao meu amigo, Nelson Silva, pelos serviços de designer de imagem.
- ❖ À minha mãe, pela concretização dos meus estudos. Sem ela não teria oportunidade de concluir o Ensino Superior.
- ❖ Às indústrias, Nova Arroz e Valente Marques, que cederam as farinhas e farelos de arroz.
- ❖ A todos os que não nomeei e participaram direta ou indiretamente na concretização deste projeto.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

O presente trabalho tem como finalidade desenvolver uma base de pizza para um público alvo concreto, doentes celíacos, valorizando subprodutos da indústria arrozeira, nomeadamente farinha de trinca de arroz agulha e farelo de arroz vaporizado. O objectivo é criar uma multi-farinha (Mix) que possa ser comprada a um preço aceitável no mercado português e processada domesticamente para a obtenção de uma base de pizza.

Hoje em dia, Portugal pode contar com 15 indústrias arroseiras em laboração permanente (Ania, 2010). Os subprodutos provenientes do processamento da matéria-prima desta agro-indústria são usualmente considerados como não perigosos, abundantes, facilmente biodegrádáveis, baratos e potencialmente valorizáveis. Contudo, podem constituir um problema, devido às grandes quantidades processadas, impondo assim um encargo económico significativo neste sector.

O desenvolvimento de produtos de panificação, isentos de glúten constitui um desafio tecnológico já que envolve a criação de massas viscoelásticas pouco resistentes sem o suporte da rede de glúten.

Estudou-se o efeito da incorporação de diversos ingredientes na formulação da massa de pizza, e seu impacto nas características físicas e sensoriais da base. Realizaram-se estudos de avaliação da textura - Análise de Perfil de textura e teste de corte (*Cutting*); caracterização reológica – teste de varrimento de frequência; determinação do a_w (atividade da água), e da capacidade de expansão das massas ao longo da fermentação (percentagem de *over-run*). Realizou-se ainda uma análise sensorial das pizzas com um painel de provadores não celíaco. Destacou-se a formulação F5 que tem na sua constituição 32,7% de farinha de arroz agulha e 4,4% de farelo de arroz. Esta originou uma massa com características tecnológicas e sensoriais mais desejáveis e originou uma base com características reológicas semelhantes à base de pizza comercial isenta de glúten. Foi ainda efetuada a caracterização nutricional da formulação desenvolvida e comparada com dois mixes de panificação comerciais, um sem glúten e outro integral com glúten.

Palavras chave: Base de Pizza isenta de glúten, farelo de arroz, farinha de arroz, Subprodutos arroz.

ABSTRACT

The present work has as purpose to develop a pizza base for a targeted customer suffering from the celiac disease, valuing by-products from the rice industry, namely flour of broken rice and rice bran. The aim of this study is to develop a mix, for pizza base, designed for home preparation, increasing the market supply of gluten-free products to lower the prices normally associated with this kind of products.

Today Portugal can count with 15 permanent industries in rice milling (Ania, 2010). The by-products from the processing of the agro-industry raw materials from rice are usually considered as non-hazardous, abundant, easily biodegradable, cheap and potentially recoverable. However, there may be an economic problem, due to the large quantities processed, thus imposing a productivity burden significant in this sector.

The production of gluten-free bakery products presents a technological challenge, due to the limited capacity of the gluten-free doughs in sustaining the CO₂ produced during fermentation. We studied the effect of various ingredients added to the pizza dough. These studies were carried out at the level of texture - Texture Profile Analysis and Cutting test; rheology - test of stress and frequency sweep; aw (water activity), and the expandability of the dough throughout the fermentation (over-run percentage).

A sensory testing was performed to the pizza bases with a panel of non-celiac tasters. From the results, the formulation F5 with 33% of rice bran and 4% of broken rice flour was emphasized, which led to better technological and sensory characteristics with rheological characteristics similar to commercial gluten-free pizza base. A comparison of nutritional formulation developed in this study was also performed with two commercial mixes, a gluten-free one and another whole meal with gluten.

Key words: Pizza base without gluten, broken rice flour, rice bran, by-products.

EXTENDED ABSTRACT

Presently, an increase in the positive diagnoses of individuals with gluten intolerance has been verified. The market for gluten free products has been following this evolution. However, the products are expensive and with lower quality, compared to similar products with gluten.

The celiac disease occurs in children and adults that are genetically predisposed and show a permanent intolerance to some prolamins, protein constituents from the gluten, in cereal foods. This disease expresses itself by the occurrence of irreversible damage in the small intestine reducing the absorption of nutrients. The only treatment used, nowadays, is through a strict gluten free diet. The production of bakery gluten free products represents a technological challenge, since it requires the creation of viscoelastic dough without support of the gluten network.

The main objective of this study was to develop a mix for gluten free pizza dough from byproducts of the rice industry, specifically the flour from broken rice and rice bran. The multi-flour mix consists in a mixture of a series of dried ingredients previously studied. The objective is for the final consumer to elaborate the product at home by adding the liquid ingredients, i. e., water, egg and oil.

There are different types of flour that are generally used to substitute the wheat flour in the gluten free bakery. However, these have a limited ability in the production of viscoelastic dough, because they are unable to sustain the CO₂ produced during fermentation. To minimize this problem, the industry used a mixture of hydrocolloids to improve the rheological characteristics of dough, and texture of products, increasing the costs dramatically. The aim of this work is to develop a formulation for gluten free pizza dough through the use of by products from the rice industry. The use of economic ingredients and the reduced used of hydrocolloids will contribute to turn these products accessible to everyone. The use of byproducts of the rice industry also contributes to the nutritional value of the final product, since rice bran is included in the formulation and is an excellent source of dietary fiber and other nutrients.

The formulations were developed based in a traditional pizza recipe in which the wheat flour was substituted by rice flour and bran and other ingredients were also added that favored the organoleptic and sensory characteristics of the dough. A Texture Profile Analysis (TPA) was preformed where parameters like firmness, cohesiveness and elasticity were measured. Simultaneously, the same analysis were performed to commercial gluten free multi-flour, to whole-wheat flour and to a formulation similar to the ones developed in the laboratory, but with wheat flour.

To determine the significant differences between the average values obtained for each evaluated parameter, the data was submitted to an analysis of variance (ANOVA), using the Tukey's Test, considering a level of significance of 5% for all data.

In terms of dough's firmness, none of the formulations developed is significantly similar to the control formulations ($p < 0.05$). Only the formulation F1 (without starch) and F6 (1% xanthan gum) presented not significantly different values of cohesiveness to the control formulations ($p > 0.05$). Relatively to the dough's elasticity, all formulations presented similar results to at least one of the control formulations ($p > 0.05$). As for the pizza dough after being cooked, it presented ($p > 0.05$) similarities with the control formulations which turned difficult the choice of the final formulation.

A sensory analysis was then performed, with 34 non-celiac individuals as tasters, to select the formulation that seems more favorable in terms of cost and taste.

Thus, the final formulation chosen is consisting of: approximately 33% of grain rice flour, 4% of vaporized rice bran and 13% of corn starch, in which it was further added salt, lyophilized yeast, yeast, sugar, xanthan gum, egg, oil and water.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
EXTENDED ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xi
1. Introdução e Objetivos	1
2. Revisão Bibliográfica	2
2.1 Doença Celíaca.....	2
2.1.1 Diagnóstico	5
2.1.2 Tratamento.....	6
2.2 Processamento industrial do arroz	8
2.2.1 Subprodutos do processamento industrial do arroz.....	12
2.2.2 Mix para base de pizza isenta de glúten.....	13
2.3 A química do glúten e o seu papel na panificação.....	13
2.4 Seleção e função dos ingredientes escolhidos para a base de pizza isenta de glúten	15
2.4.1 Farinha de trinca de arroz	16
2.4.2 Farelo de arroz.....	16
2.4.3 Amido de milho.....	18
2.4.4 Água.....	19
2.4.5 Sal.....	20
2.4.6 Fermento biológico (levedura)	20
2.4.7 Fermento Químico.....	21
2.4.8 Açúcar	22
2.4.9 Goma Xantana	22

2.4.10	Ovo	23
2.4.11	Gordura	24
2.5	Análise de perfil de textura (TPA)	24
2.6	Teste de Corte (<i>Cutting</i>)	27
2.7	Análise do comportamento viscoelástico dos materiais	27
3	Materiais e métodos	29
3.1	Materiais	29
3.2	Metodologia	31
3.2.1	Desenvolvimento da formulação de base de pizza isenta de glúten... 31	
3.2.2	Preparação da pizza	33
3.2.3	Avaliação da textura das massas e das bases	35
3.2.4	Comparação reológica das massas	36
3.2.5	Avaliação do aumento de volume da massa ao longo da fermentação 36	
3.2.6	Atividade da água	37
3.2.7	Análise Sensorial	37
3.2.8	Análise estatística	38
4	Resultados e Discussão	39
4.1	Análise da textura	39
4.1.1	Análise do perfil de textura das massas	39
4.1.2	Análise da textura das bases de pizza	42
4.2	Análise da atividade da água	43
4.3	Avaliação da capacidade de expansão das massas ao longo da fermentação	44
4.4	Análise Sensorial	45
4.5	Comportamento reológico das massas	46
4.6	Caracterização nutricional das formulações	49
4.7	Apresentação do Produto Final	51
5	Conclusões	53
5.1	Trabalhos Futuros	54

6	Referências Bibliográficas	55
7	Anexos	i
	ANEXO I	ii
	A) Resumo – 12º Encontro de Química dos Alimentos	ii
	B) Poster – 12º Encontro de Química dos Alimentos	iii
	C) Abstract – IBEREO 2015: Challenges in rheology and product development. .	iv
	ANEXO II – Ficha de prova da Análise Sensorial de base de pizza sem glúten (Amostras simples).....	v

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Epitélio Intestinal a) Mucosa intestinal normal b) Mucosa intestinal do celíaco	4
Figura 2 - Classificação de Marsh. Espectro de má absorção e sintomas da doença celíaca	6
Figura 3 - Preço de Cabaz de alimentos com glúten e sem glúten	8
Figura 4 – Diagrama de processamento inicial do Arroz	9
Figura 5 - Esquema do grão de arroz	10
Figura 6 - Diagrama de dois tipos acabamento/melhoramento de arroz e respetivos produtos.....	11
Figura 7- Quantidades aproximadas do rendimento de arroz e dos produtos e subprodutos, durante as etapas de acabamento e melhoramento	12
Figura 8 - Estrutura molecular do Amido	18
Figura 9 - Típica curva Força vs Tempo do TPA	26
Figura 10 - Texturómetro utilizado para realização do TPA e teste de corte. TA.XT.plus (Stable Micro Systems, UK).....	27
Figura 11 – Curvas de fluxo de fluidos representativas dos diferentes tipos de comportamento reológico. 1 - Reoespessante 2 - Newtoniano 3 - Reofluidificante	28
Figura 12 - Esquema de desenvolvimento do trabalho experimental.....	31
Figura 13 - Diagrama da preparação da base de pizza isenta de glúten	34
Figura 14 - Enformagem e repouso da massa isenta de glúten.....	34
Figura 15 - Avaliação da textura da massa de pizza (Texturómetro TA.XT.plus, Stable Micro Systems)	35
Figura 16 - Esquematização da medição do volume após a fermentação da massa	37
Figura 17 - Firmeza das massas (N)	39
Figura 18 - Coesividade das massas	41
Figura 19 - Elasticidade das massas.....	41
Figura 20 - Firmeza das bases de pizza.....	42
Figura 21 - Atividade da água das bases de pizza desenvolvidas , comerciais e controlo (aw).....	43
Figura 22 - Avaliação da capacidade de expansão das massas desenvolvidas, comerciais e controlo	44
Figura 23 - Aumento de Volume durante a fermentação das massas (%)	45
Figura 24 - Resultados médios dos parâmetros sensoriais analisados pelos provadores das bases de pizza simples (sem cobertura).....	46

Figura 25 - Espectro mecânico das massas de pizza comerciais, do controlo e da formulação F5.....	47
Figura 26 - Cinco vantagens para consumir FivePan	51
Figura 27 - Proposta de Embalagem do produto final.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Formas de comercialização do arroz e descrição do beneficiamento	10
Tabela 2 - Composição centesimal média (% em matéria seca) de arroz integral, polido e vaporizado polido	11
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade calculados através do TPA e respetiva descrição	26
Tabela 4 - Composição das formulações desenvolvidas	32
Tabela 5 - Composição das formulações comerciais e de controlo (base seca).....	33
Tabela 6 - Constituintes sólidos das formulações padrão e da desenvolvida ao longo do trabalho	49
Tabela 7 - Tabela nutricional (100g de produto)	49
Tabela 8 - Composição em fibra da farinha de trunca e farelo de arroz utilizados na mix F5.....	50
Tabela 9 - Composição em fibra (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e vaporizado polido.	50
Tabela 10 - Valor energético do produto final, base de pizza isenta de glúten (F5) obtido por cálculo com base na composição da formulação	51

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

APC – Associação Portuguesa dos Celíacos
CE – Comunidade Européia
CMC - Carboximetilcelulose
DC – Doença Celíaca
DIG – Dieta Isenta de Glúten
FAO – Food and Agriculture Organization
FDA – Food and Drug Administration
HLA - Antígenos de leucócitos humanos
HPMC – Hidroxipropilmetilcelulose
TPA – Análise de Perfil de Textura
WHO – World Health Organization

1. Introdução e Objetivos

Este trabalho constitui uma dissertação de 2º ciclo e foi realizado no âmbito do Projeto QREN nº38749 “Arroz +” – Valorização do farelo e trinca de arroz para produção de alimentos de valor acrescentado. Trata-se de um projeto que tem por principal objetivo o desenvolvimento de produtos isentos de glúten, a partir de subprodutos da indústria arroseira.

Atualmente, tem-se verificado um aumento de diagnósticos positivos de indivíduos intolerantes ao glúten. O mercado de produtos isentos de glúten tem acompanhado esta evolução no sentido de dar resposta a este público-alvo. No entanto, este tipo de produto possui ainda elevados custos e níveis de qualidade sensorial inferiores comparativamente aos produtos com glúten.

A doença celíaca (DC), também designada de enteropatia sensível ao glúten, é uma doença autoimune, crónica, que ocorre tanto em crianças como em adultos, geneticamente predispostos, em que o principal agente desencadeador é o glúten (Sollid, 2002). Esta proteína encontra-se em vários cereais como o trigo, o centeio, a cevada e algumas variedades de aveia e híbridos como o tritcale. O único tratamento eficaz para a DC consiste numa dieta isenta de glúten ao longo da vida. O glúten é a fração proteica responsável pelas propriedades viscoelásticas da massa, necessárias para produzir produtos de panificação de boa qualidade (Sciarini, *et al.*, 2010).

Naturalmente isento de glúten, o arroz, é um dos cereais de maior produção e consumo no mundo. Em Portugal, produzem-se anualmente aproximadamente 160.000 toneladas de arroz com casca, o que representa cerca de metade do consumo interno. Portugal é o país europeu com maior consumo de arroz *per capita*, com 16 kg por ano, em contraste com 6,6 kg *per capita* por ano dos restantes países da Europa (Sciarini, *et al.*, 2010; *Estatísticas Agrícolas*, 2013; Matos e Rossel 2013).

A farinha de arroz é uma das farinhas mais favoráveis para preparação de produtos isentos de glúten, tanto a nível nutricional como sensorial. Possui propriedades naturais, que lhe conferem características hipoalergénicas, tem um baixo teor de sódio e de gordura e alta quantidade de hidratos de carbono facilmente digeríveis (Sciarini, *et al.*, 2010). A nível tecnológico é muitas vezes necessário recorrer a aditivos que melhorem as propriedades viscoelásticas, uma vez que o arroz contém menor quantidade de proteína e é isento de glúten, comparativamente às farinhas utilizadas tradicionalmente para produtos de panificação. Os aditivos utilizados são, por exemplo, gomas, emulsionantes, proteínas ou produtos lácteos (Júnior, *et al.*, 2009). A incorporação de farelo de arroz é visto como uma mais valia, na medida em que é rico

em fibras, vitaminas, minerais, proteínas e lípidos e ainda tem uma boa capacidade de absorção de água e óleo (Matos e Rossel, 2013).

O principal objetivo deste estudo foi o desenvolvimento de um mix para bases de pizza isento de glúten, obtido a partir de subprodutos da indústria de arroz, concretamente a farinha proveniente da trinca e o farelo de arroz. A multi-farinha (mix) consiste na mistura de uma série de ingredientes secos, previamente estudados. O objetivo é o consumidor final elaborar o produto em casa, adicionando apenas os ingredientes líquidos: água, ovo e óleo. Desta forma, propomos-nos desenvolver um produto de alto valor acrescentado, especialmente direcionado a DCs, que possa ser lançado no mercado com custos mais baixos e características sensoriais aceitáveis.

Começou-se por juntar ingredientes um a um a uma receita à base de farinha de trigo, que foi depois totalmente substituída por farinha de trinca de agulha e farelo vaporizado. Estes ingredientes foram selecionados segundo as suas características sensoriais e tecnológicas de forma a chegar a uma base de pizza com características sensoriais semelhantes a produtos de panificação. Em cada formulação desenvolvida foi feita a avaliação da textura tanto das massas como das bases de pizza através do Teste de Perfil de Textura e do Teste de Corte (*Cutting*), respectivamente. Foi ainda avaliada a capacidade de expansão das massas ao longo da fermentação e a atividade da água das bases. Após a análise dos resultados destes testes foi selecionada a formulação (F5) cujas características se aproximavam das pretendidas para uma base de pizza. Esta formulação foi sujeita a uma análise sensorial, juntamente com uma base de pizza comercial isenta de glúten, através de um painel não treinado.

Do presente trabalho resultaram duas apresentações em congressos que se encontram no anexo I – Publicações científicas resultantes do trabalho:

- A – Resumo – 12º Encontro de Química dos Alimentos
- B - Poster – 12º Encontro de Química dos Alimentos

1. C – Abstract – IBEREO 2015: Challenges in rheology and product development

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Doença Celíaca

A doença celíaca (DC), também designada de enteropatia sensível ao glúten, é uma doença autoimune crónica que ocorre tanto em crianças como em adultos geneticamente predispostos, em que o principal agente desencadeador é o glúten (Sollid, 2002). A contínua ingestão do glúten danifica a mucosa do intestino delgado,

através de um processo inflamatório crónico da mucosa, por infiltração celular inflamatória com destruição progressiva das vilosidades intestinais (Fasano, *et al.*, 2001; Rostom, *et al.*, 2006).

O glúten é constituído por proteínas, a gliadina (prolaminas) e a glutenina, que se encontram numa diversidade de cereais como o trigo, o centeio e a cevada, sendo a primeira a responsável pela etiologia da doença (Rodrigues, 2013). No trato gastrointestinal, o glúten é digerido, dando origem a aminoácidos e proteínas, onde se insere a gliadina, um péptido de 33 aminoácidos. Esta é resistente à degradação das enzimas do sistema digestivo, exercendo efeitos nefastos no intestino (Shan, *et al.*, 2002).

A população celíaca é estimada através de estudos realizados em bancos de sangue com testes serológicos: Dinamarca (1:394), Suécia (1:373), Israel (1:157), Europa (1:152) e (1:300), Estados Unidos (1:125) e (1:250) (Danowski, *et al.*, 2003; Silva, 2010). Em Portugal, o único estudo efectuado na região de Braga, obteve uma prevalência de 1:134 pelo que se estima que 1 a 3% da população portuguesa seja celíaca. No entanto, existem apenas cerca de 10.000 celíacos diagnosticados, o que indica que a DC é uma doença largamente subdiagnosticada, que merece ser rastreada caso a pessoa apresente algum indício de DC. Assim sendo, estima-se que existam entre 70.000 a 100.000 celíacos por diagnosticar em Portugal (Antunes, *et al.*, 2006; APC 2014).

A forma mais comum desta doença se manifestar é nos primeiros anos de vida, com um quadro de diarreia crónica, défice de crescimento e distensão abdominal.

O ser humano apresenta um intestino com um comprimento de aproximadamente 7 metros, sendo revestido internamente por vilosidades, as quais aumentam a área de superfície intestinal e, conseqüentemente, favorecem a absorção dos nutrientes. Nos indivíduos com predisposição para DC, o glúten ativa mecanismos imuno-inflamatórios, que acabam por conduzir à atrofia das vilosidades, originando uma mucosa lesionada, com aspeto liso, diminuindo a área da superfície de absorção dos nutrientes (Figura 1) (Farrell, *et al.*, 2010).

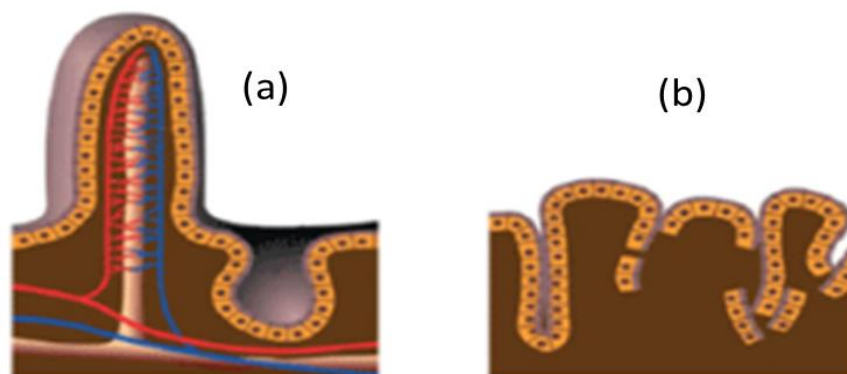


Figura 1 - Epitélio Intestinal a) Mucosa intestinal normal b) Mucosa intestinal do celíaco

Fonte: Boston Children's Hospital. Disponível em: http://www.youngmenshealthsite.org/celiac_disease.html

A DC apresenta um quadro clínico muito complexo e variável, sendo que o considerável aumento do número de pacientes com diagnóstico de DC está relacionado com o reconhecimento da ampla variedade de manifestações clínicas da doença e pelo desenvolvimento de testes de detecção mais específicos e sensíveis (Fasano, 2001).

A sintomatologia da doença celíaca é clinicamente classificada como:

- Clássica - há o predomínio de sintomas gastrointestinais (ex.: diarreia, náuseas/vômitos, desnutrição, perda de peso, esteatorreia e edema secundário à hipoalbuminemia);
- Atípica - com predomínio de sintomas não gastrointestinais, conhecidos como manifestações extra-intestinais (ex.: anemia, infertilidade não explicada/abortos espontâneos e dermatite herpetiforme)
- Assintomática - também conhecida como DC silenciosa, o paciente afirma não ter qualquer sintoma, no entanto, apresenta lesões características no intestino. Existem estudos feitos de DIG - Dieta Isenta de Glúten - em indivíduos que eram assintomáticos no momento do diagnóstico, e apresentaram posteriormente, uma melhoria na sua qualidade de vida (Nachman, 2009).
- Latente – pode ocorrer de duas formas: 1- pacientes com diagnóstico prévio de DC, que respondem à dieta isenta de glúten, e apresentam histologia normal. 2- indivíduos com mucosa intestinal normal, sob dieta com glúten, que conseqüentemente desenvolverão DC.
- Refratária: pacientes com DC que não respondem à dieta isenta de glúten (Silva, 2010).

2.1.1 Diagnóstico

A DC é considerada multifatorial, resultando da interligação de fatores genéticos, ambientais e imunológicos.

Quanto ao fator genético, atualmente, foi identificado apenas um grupo de genes ligado a todas as populações com DC em todo o mundo. A DC encontra-se associada ao sistema de Antígenos de Histocompatibilidade Humana (HLA). O *locus* HLA encontra-se no cromossoma 6, estando estes genes associados a uma variedade de doenças “autoimunes” como doença da tireoide, doença de Addison e Diabetes Mellitus tipo 1 (Vader, *et al.*, 2003).

Relativamente aos fatores ambientais, o glúten é o principal agente etiológico. Como já foi referido, esta proteína encontra-se numa grande variedade de cereais, e é constituída por vários péptidos, sendo que as prolaminas têm maior impacto no desenvolvimento da DC (Rodrigues, 2013). No grupo das prolaminas, podemos encontrar a gliadina, no trigo, a hordeína, na cevada, a secalina, no centeio, a zeína, no milho, e a avenina, na aveia. A gliadina é o principal agente tóxico causador da doença, sendo possível identificar quatro frações: alfa (α), beta (β), gama (γ) e ómega (ω) gliadina (Ciclitira, *et al.*, 2005).

No trato intestinal, há uma digestão incompleta do glúten. Este é digerido pelas enzimas proteolíticas do tubo digestivo havendo, contudo, uma sequência de 33 aminoácidos resistentes à digestão. Isto é, o glúten é resistente à proteólise por endoproteases gastrointestinais, tais como a pepsina, a trisina, a elastase e a quimotripsina (Hausch, *et al.*, 2002; Marti, *et al.*, 2005; Piper, *et al.*, 2004). Assim, este processo incompleto dá origem a porções menores, os oligopeptídeos, também, designados por peptídeos de gliadina (Shan, *et al.*, 2002; Veloso, 2007). Estes peptídeos são reconhecidos pelas células T, sendo estes responsáveis pela ativação/estimulação destas células. Sabe-se, hoje em dia, que a porção responsável por esta activação é a α -gliadina (Koning, 2012).

Após a compreensão dos factores genéticos e ambientais, torna-se mais fácil falar dos fatores imunológicos. Estes estão na base do desenvolvimento desta patologia. Até agora sabe-se que a DC é uma doença autoimune, associada a uma predisposição genética e à enzima tTG.

Esta enzima é responsável pela desaminação da gliadina, dando origem a resíduos de ácido glutâmico que possuem epítomos de carga negativa que se irão ligar de forma eficiente ao alelo HLA e serão reconhecidos pelas células T. O sistema imunitário é afetado pelos peptídeos da gliadina, que são responsáveis pela estimulação quer da imunidade inata quer da adaptativa (Gianfrani, *et al.*, 2005; Maiuri, *et al.*, 2005; Meresse, *et al.*, 2009).

Após a suspeita de DC, o médico reunirá análises ao sangue e às fezes, em que são realizados testes serológicos de rastreio para a doença, para confirmar a presença de má-absorção intestinal e a existência de anticorpos (APC, 2014). Caso os exames sejam positivos, a probabilidade de ter a doença é alta, no entanto, é necessária a realização de biópsia ao intestino para confirmar a presença de mudanças histológicas características que apoiem o diagnóstico da doença (APN; Rostom, *et al.*, 2006).

Em 1992, Marsh examinou a intensidade da lesão observada na mucosa de pacientes com DC e concluiu que, a magnitude da má absorção e dos sintomas em pacientes com DC correlaciona-se muitas vezes com a extensão da lesão da mucosa do intestino delgado. Desta forma, classificou as lesões intestinais de acordo com a severidade (Figura 2). Atualmente, ainda é utilizada a classificação de Marsh para o diagnóstico na prática clínica.

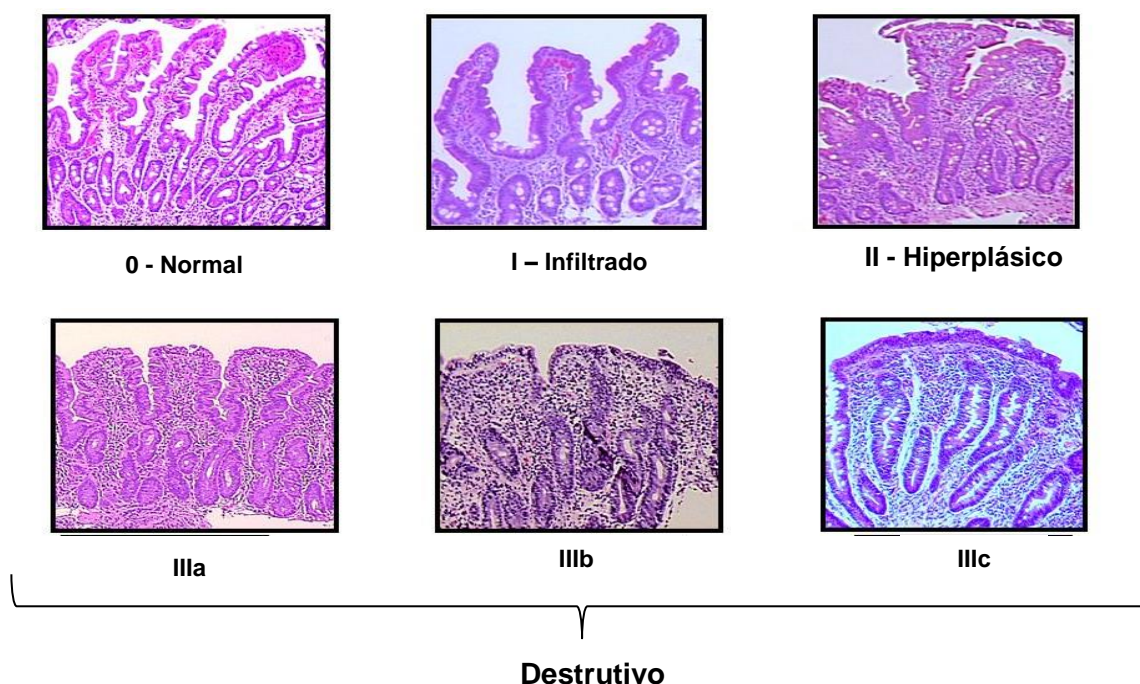


Figura 2 - Classificação de Marsh. Espetro de má absorção e sintomas da doença celíaca

Fonte: adaptado de North American Society for Pediatric Gastroenterology. Hepathology and Nutrition. Children's Digestive Health and Nutrition Foundation. Celiac Disease: evaluation and management

2.1.2 Tratamento

O único tratamento para esta patologia é a DIG. Porém, têm sido analisadas e investigadas novas abordagens terapêuticas a implementar, evitando, a privação alimentar a que estes doentes estão sujeitos, e que em muitos casos é difícil de manter, especialmente durante a adolescência e nomeadamente em ocasiões sociais.

A DIG é o único tratamento ao qual os doentes celíacos (DCs) se têm de submeter, de forma permanente, para normalizar e recuperar a estrutura da mucosa intestinal,

havendo retroação, caso os doentes interrompam a dieta. Esta relação entre o desenvolvimento da DC e o consumo de glúten já foi estabelecida há mais de 60 anos. É considerada como uma “dieta para a vida”, a qual apresenta uma elevada carga emocional, e é, sem dúvida, um desafio para os doentes (Rodrigues, 2013).

Como já foi referido, esta dieta exclui todos os alimentos provenientes do trigo, centeio e cevada, principais fontes de prolaminas. Quanto à ingestão da aveia, existe alguma controvérsia. De acordo com estudos já realizados, a aveia não apresenta toxicidade em cerca de 95% dos DCs, mas há uma minoria de 5% para a qual a aveia não é segura (Akobeng e Thomas, 2008; Collin, 2005; Hoffenberg, 2005; Sugai, *et al.*, 2010; Pulido, *et al.*, 2009). Outra razão para a não recomendação da aveia incorporada na dieta é devido à dificuldade encontrada em garantir que esta comercialmente disponível, não esteja contaminada com outros grãos.

O objetivo primordial deste tratamento é melhorar substancialmente a qualidade de vida dos pacientes, diminuindo os sintomas gastrointestinais e os valores dos testes serológicos, bem como a melhoria da mucosa intestinal e do estado nutricional (Kurppa, *et al.*, 2011; Marsh, 1992). Cerca de 70% dos DCs apresentam melhorias significativas nos sintomas após 2 semanas do início da DIG, com diminuição dos valores serológicos dos anticorpos específicos. Porém, a nível histológico, a resolução é mais retardada (Sugai *et al.* 2010).

Este tratamento é difícil de manter por motivos socio-culturais e também porque acarreta custos adicionais para as famílias. Por isso é muito importante que o diagnóstico seja confirmado, antes do tratamento ser recomendado.

A dieta do celíaco deve ser variada e equilibrada, abarcando os sete grupos da roda dos alimentos. As massas, o pão, e, por exemplo, os preparados à base de carne e peixe, como lasanhas, salgadinhos, patés, almôndegas e delícias do mar, terão de ser substituídos por equivalentes sem glúten. As farinhas de milho e arroz, e as féculas de batata, entre outras, podem substituir a de trigo na confeção de pão, pizzas e lasanhas, por exemplo. Por não conterem glúten, estas massas tornam-se menos elásticas.

É prática comum os DCs lerem os rótulos dos produtos alimentares para não cometerem transgressões na dieta. Segundo o Regulamento (UE) nº 1169/2011 do Parlamento e do Conselho Europeu de 25 de outubro de 2011 em vigor desde 13 de dezembro de 2014, é obrigatório incluir no rótulo as substâncias ou produtos que provocam alergia ou intolerância alimentar. A nível europeu, os alimentos destinados a uma alimentação especial têm um regulamento próprio, o nº 41/2009 aplicável desde Janeiro de 2012, relativo à composição e rotulagem de géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten. Todos os géneros alimentícios

industrializados que tenham como objectivo responder às necessidades dos indivíduos intolerantes ao glúten deverão conter obrigatoriamente no rótulo, as inscrições “teor muito baixo de glúten” ou “isento de glúten”, conforme o caso. Para fins de rotulagem um produto só pode conter a inscrição “isento de glúten” se o teor de glúten não for superior a 20mg/kg ou 20ppm no alimento. Essa medida facilita e transmite maior confiança aos doentes celíacos quanto à escolha dos alimentos da dieta (Botelho, 2012).

Tendo em conta os alimentos necessários para uma alimentação saudável, um cabaz semanal para um celíaco, que substitui os alimentos com glúten por equivalentes sem esta proteína, fica cerca de 30% mais caro (teste saúde, 2015).



Figura 3 - Preço de Cabaz de alimentos com glúten e sem glúten

Fonte: Teste Saúde, 2015

As crianças e os jovens até aos 24 anos, ou até iniciarem uma atividade laboral, que tenham direito a abono de família podem usufruir de uma bonificação, por serem doentes crónicos.

2.2 Processamento industrial do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é o segundo cereal mais cultivado e consumido no mundo depois do trigo, sendo a base da alimentação de mais de metade da população mundial e também considerado o mais importante, tendo em conta a extensão de superfície cultivada e a quantidade de população que depende da sua colheita (FAO, 2007; Pallarés, *et al.* 2007).

Anualmente, Portugal produz aproximadamente 160.000 toneladas de arroz com casca, o que representa cerca de metade do consumo interno. É o país europeu com

maior consumo *per capita*, com 16 kg por ano, em contraste com 6,6 kg *per capita* por ano dos restantes países da europa (*Estatísticas Agrícolas*, 2013).

A tecnologia pós-colheita, na cadeia do arroz, tem uma importância vital, uma vez que se trata de um produto vivo, que continua o seu processo metabólico mesmo após a secagem. É crucial a escolha das melhores e mais corretas técnicas para a preservação da integridade química, biológica e física do grão (Botelho, 2012). Na Figura 4 está representada a primeira parte relativa ao processamento do arroz, que é comum a todos os diferentes tipos de arroz. Mais à frente será mencionado as diferentes etapas correspondentes ao acabamento/melhoramento do arroz com os respectivos subprodutos.

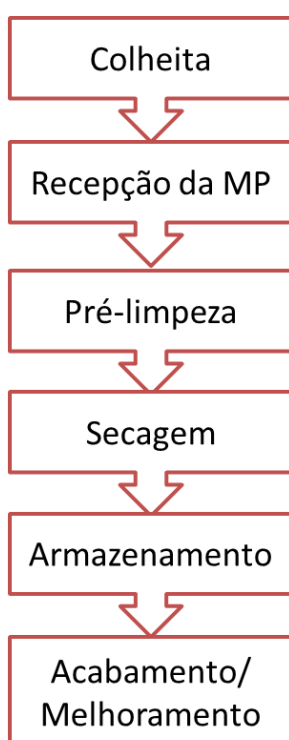


Figura 4 – Diagrama de processamento inicial do Arroz

A colheita do arroz concretiza-se quando o teor de humidade do grão está entre 18 a 23%, de modo a garantir uma melhor qualidade e rendimento. Depois da recepção da MP, inicia-se uma pré-limpeza com o objetivo de melhorar a etapa da secagem, na medida em que facilita o movimento do ar e das sementes, reduz custos (evita-se secar impurezas) e, também, diminui as fontes de microrganismos e de pragas. Posteriormente, os grãos são colocados em silos arejados ou secadores mecânicos para se proceder à secagem. A secagem reduz o teor de humidade do produto até um nível adequado para o seu processamento por um período elevado, mas também, baixa o nível da actividade fisiológica e contribui para outras diversas propriedades do grão, tais como: o sabor, a cor, a textura e a retenção nutricional. Esta operação deve

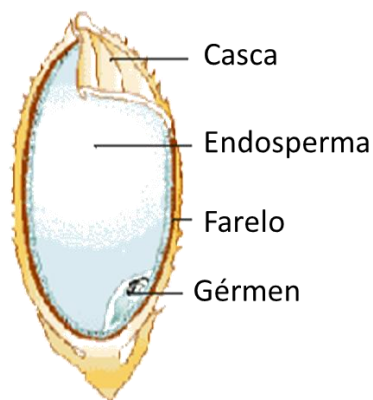


Figura 5 - Esquema do grão de arroz

Fonte: Adaptado de FAO, 2007

ser realizada no menor tempo possível após a colheita dos grãos, de modo a garantir a obtenção de um produto de boas características. Após a secagem, os grãos com casca são armazenados a granel, em silos, a uma temperatura máxima de 18°C, com o objectivo de remover ou distribuir a humidade e calor acumulados (Rombaldi, 1988; Rambo e Nogueira, 2014). Depois, o arroz em casca irá ser submetido ao processamento industrial, que consiste em transformar o produto primário num produto industrializado de maior valor. O arroz pode ser comercializado de várias formas (ex: arroz integral, arroz polido, arroz vaporizado integral ou polido) sendo diferente o seu processo de beneficiamento (Figura 6). Na Figura 5 está representada a morfologia do grão de arroz.

Tabela 1- Formas de comercialização do arroz e descrição do beneficiamento

Formas de Comercialização	Tipo de Beneficiamento
Arroz Integral	Grão de arroz do qual somente a casca foi retirada possuindo ainda aproximadamente 10% de farelo
Arroz Polido	Grão de arroz do qual foi retirada totalmente o germen e o pericarpo
Arroz Vaporizado Integral	Grão de arroz que, após imersão em água, vaporização e secagem, é apenas descascado
Arroz vaporizado Polido	Grão de arroz que, após imersão em água, vaporização e secagem é descascado e polido

Fonte: Adaptado de Pascual, 2010

Na Tabela 2 podemos comparar a composição de arroz obtido a partir dos diferentes tipos de processamento descritos.

Tabela 2 - Composição centesimal média (% em matéria seca) de arroz integral, polido e vaporizado polido

Constituintes	Arroz integral (%)	Arroz polido (%)	Arroz vaporizado (%)
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas	10,46	8,94	9,44
Lípidos	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Adaptado de Walter, et al., 2008

A farinha de arroz tem a composição química aproximada ao grão de arroz, assim, as suas propriedades funcionais dependem da variedade de arroz, condições ambientais e métodos de descasque e polimento (Júnior, et al. 2009; Pallarés, et al., 2007). A Figura 6 esquematiza e resume o processo de acabamento/melhoramento do arroz através de dois tipos de processamento com os respectivos produtos finais.

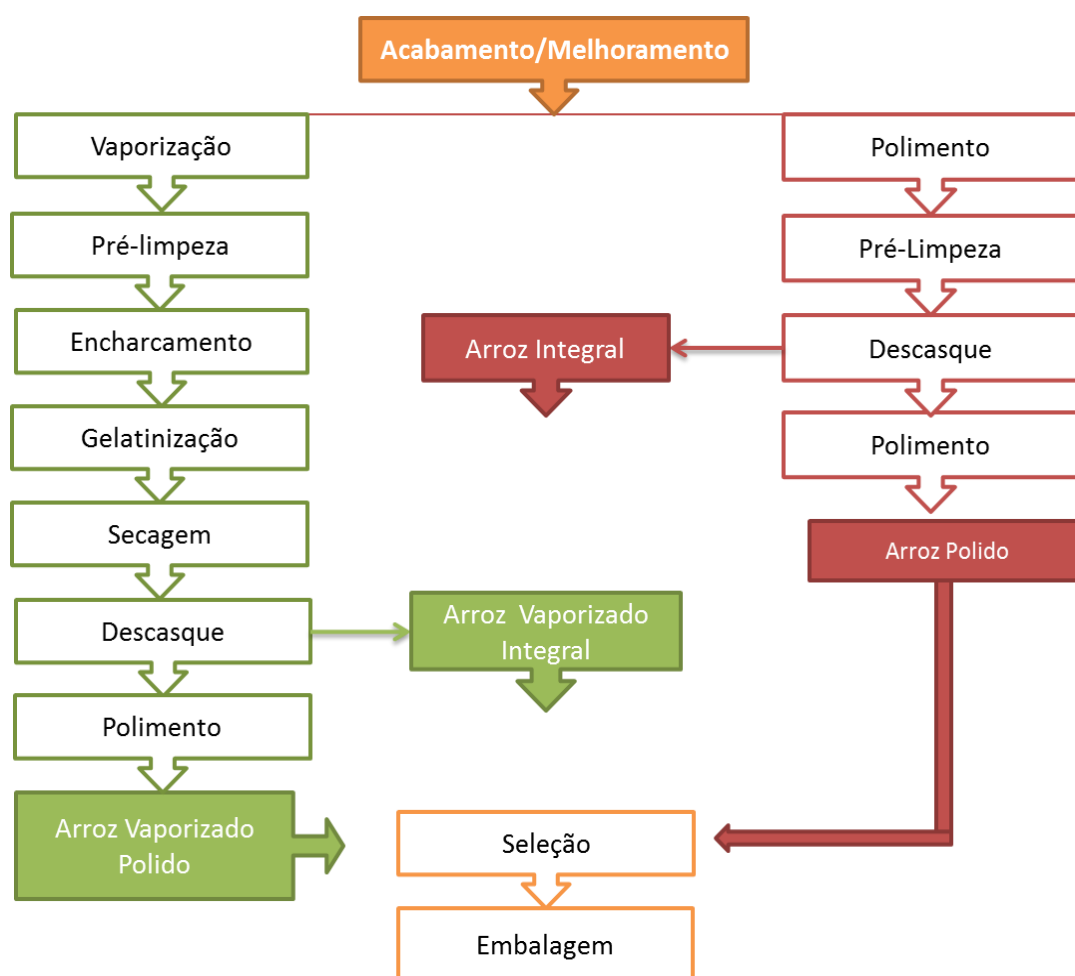


Figura 6 - Diagrama de dois tipos acabamento/melhoramento de arroz e respectivos produtos

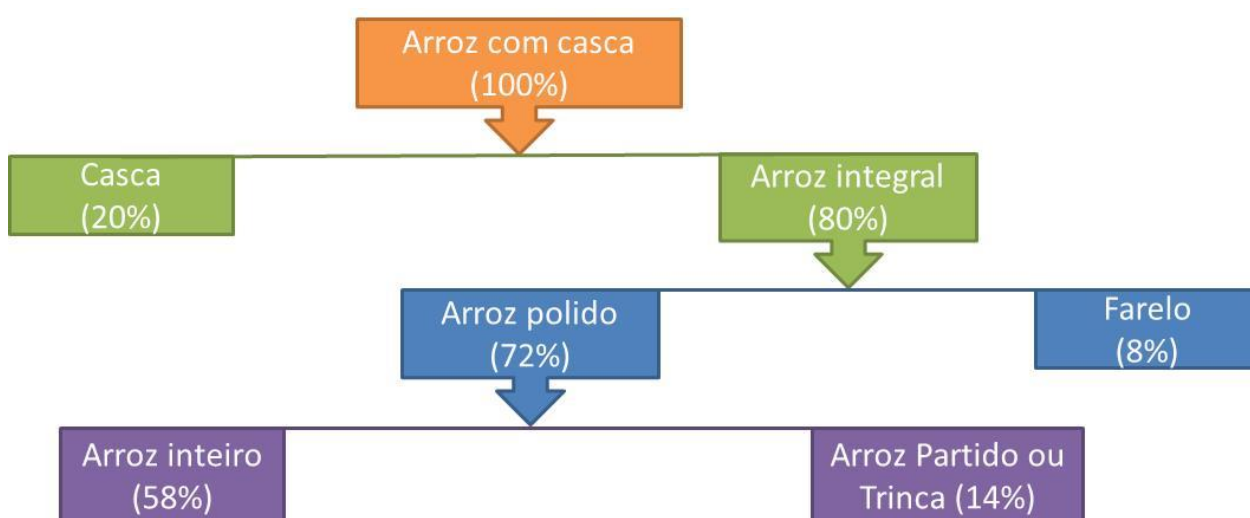
2.2.1 Subprodutos do processamento industrial do arroz

Cabe às indústrias e aos Engenheiros Alimentares aumentarem a eficiência industrial e averiguarem a viabilidade económica da transformação/valorização dos subprodutos, tendo em conta essencialmente os seguintes factores: quantidade disponível, custos de material e transporte, as utilizações já existentes e eventuais restrições legais e político-económicas regionais.

Em Portugal, os principais subprodutos alimentares identificados foram: dreche cervejeira, bagaço de uva sem álcool, polpa de alfarroba, casca de arroz, repiso de tomate, bagaço de azeitona extractado, casca de frutos rijos, engaço, borra de vinho sem álcool e grainha de uva (Duarte, *et al.*, 2006).

Através das estatísticas agrícolas de 2013 sabe-se que o descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz no ano de 2011 foram de 233 422 toneladas e em 2012 foi de 226 516 toneladas. Dentro destes valores o arroz branqueado (polido) representa 146 262 toneladas em 2011 e 148 553 toneladas em 2012 (*Estatísticas Agrícolas 2013*).

A quantidade de subproduto produzido durante o processo de acabamento/melhoramento do arroz está esquematizada na **Erro! Fonte de**



referência não encontrada..

Figura 7- Quantidades aproximadas do rendimento de arroz e dos produtos e subprodutos, durante as etapas de acabamento e melhoramento

Fonte: Castro, *et al.*, 1999

O foco do trabalho é aumentar o valor acrescentado dos sub-produtos comestíveis (trinca e farelo de arroz) da indústria arroseira, invés de estes serem utilizados para rações ou para produção de cerveja, como é o caso da trinca.

O presente trabalho terá como objectivo desenvolver um produto alimentar, mais concretamente, uma mix para base de pizza isenta de glúten, reaproveitando o farelo e a trinca de arroz.

Segundo o Decreto-Lei 227/90, de 10 de julho entende-se por farelo o subproduto obtido na operação de descasque, resultante da trituração da casca (subproduto não comestível, composto essencialmente por sílica). No entanto, ao longo deste trabalho refere-se farelo como o subproduto constituído pelos resíduos das camadas do pericarpo película e/ou gérmen, podendo conter partes do endosperma, resultante da acção de desgaste provocada pela operação de polimento (subproduto comestível). A trinca de arroz é o fragmento de grão cujo comprimento é inferior a três quartos da média dos comprimentos dos grãos típicos da variedade. Neste caso, os fragmentos foram triturados de modo a obter farinha de trinca de arroz.

2.2.2 Mix para base de pizza isenta de glúten

A pizza é um produto bastante consumido, sendo de elevada conveniência, com sabor agradável e valor nutritivo, que pode ser enriquecido com os ingredientes da sua cobertura. Neste caso com apenas um produto alimentar é possível ter uma refeição completa, respondendo às 4 leis para uma alimentação racional: **Lei da qualidade** - a dieta deve ser o mais completa possível; **Lei da quantidade** - a dieta deve fornecer todas as substâncias nutritivas na quantidade adequada às necessidades individuais (idade, estado fisiológico, sexo, etc); **Lei da harmonia** - as quantidades dos diferentes alimentos que compõem o regime alimentar devem manter entre si as proporções adequadas a cada indivíduo; e por último, a **Lei da adequação** - a alimentação deve estar perfeitamente adaptada à individualidade de cada um de nós (Philippi, 2006). A pizza, apesar do estereótipo de fast food e alimento altamente calórico, pode ser adaptada de forma a constituir uma refeição saudável e completa.

As mixes ou multi-farinhas são uma excelente opção para quem não tem muito tempo para dedicar à cozinha, mas gosta de consumir alimentos preparados em casa. É uma forma de ter este produto fresco e pronto a consumir e ao qual se pode dar um cunho pessoal.

2.3 A química do glúten e o seu papel na panificação

Segundo o *Codex Alimentarius*, o glúten é definido como a fração proteica do trigo, cevada, centeio e aveia, insolúvel em água e numa solução de cloreto de sódio 0,5M.

As proteínas do glúten são divididas em dois grupos segundo a sua solubilidade numa solução álcool-água (40 a 70% de álcool), um deles formado pelas prolaminas (solúveis), que representam cerca de 85% das proteínas totais, e outro pelas gluteninas (insolúveis), que representam cerca de 15% das proteínas totais.

Consoante o grão de proveniência, as prolaminas podem denominar-se gliadinas (trigo), hordeínas (cevada), secalinas (centeio) ou aveninas (aveia). Tanto a gliadina como a glutenina são importantes para as propriedades reológicas das massas nos produtos de panificação. Estas têm a capacidade de se entrelaçar entre si estabelecendo pontes de hidrogénio, ligações de Van Der Waals e pontes de enxofre, formando uma rede proteica chamada glúten. As gliadinas são proteínas com uma estrutura de cadeia simples, com uma massa molecular que varia de 30.000 a 70.000, e quando hidratadas têm pouca elasticidade, contribuindo mais para a viscosidade e extensibilidade da massa. A fração glutenina é formada por agregados de proteínas, com uma alta massa molecular que varia de 100.000 a vários milhões e, quando hidratada, confere coesividade e elasticidade à massa, por possuir uma grande resistência à rotura (Hoseney e Rogers, 1990; Hunter, 1987; Lafiandra e Masci, 2004).

O glúten só se forma quando a farinha de trigo, a água e os demais ingredientes, são misturados e sofrem a ação de um trabalho mecânico. A energia mecânica introduzida na amassadura provoca a quebra de algumas ligações químicas mais frágeis, as proteínas vão-se desenrolando e formando novas ligações entre si, formando uma rede. A rede formada possui características viscoelásticas e é responsável pela retenção do dióxido de carbono produzido na fermentação e pelo crescimento do pão, e por reter a humidade da massa, e do pão, depois de cozido no forno (Brandão, 2011).

O trigo é o único cereal que tem ambas as frações proteicas em proporções adequadas para formar o glúten, em quantidade adequada e com as características necessárias para o fabrico de massas para panificação. A cevada e o centeio possuem proteínas equivalentes à glutenina do trigo e às respectivas prolaminas, porém em menores quantidades e, portanto, também produzem glúten, mas a sua aptidão para formar massas viscoelásticas é inferior quando comparada com o trigo (Gregorini et al. 2009). É por estes motivos que o glúten tem grande popularidade nos processos de panificação, pois garante alta elasticidade, permitindo que os componentes de alimentos como as massas, pães e bolos permaneçam coesos, pouco friáveis, mesmo durante o processo de fermentação das massas. A leveza e suavidade deste complexo estrutural são agradáveis ao paladar, somando prazer à experiência gustativa (Paim, 2010).

Os produtos de panificação isentos de glúten, geralmente, apresentam menor qualidade, em termos estruturais, pois este confere características de estrutura fundamentais, nomeadamente a aparência (como espuma sólida) e os alvéolos do miolo característicos destes produtos (Canella-Rawls, 2012). O grande problema tecnológico que se coloca na produção de produtos de panificação isentos de glúten é

a imitação da massa de farinha de trigo levedada que se assemelha a uma espuma. Pelo contrário, a massa isenta de glúten é um sistema constituído de partículas de amido que formam a fase dispersa. Consequentemente, as massas obtidas apresentam geralmente uma estrutura compacta mais semelhante a um gel (Dobraszczyk, *et al.*, 2001). Estas massas têm alguma capacidade para fermentar e o amido é gelatinizado, durante a cozedura, o que, de certa forma, contribui para a estruturação da massa. Contudo, a massa isenta de glúten tem pouca resistência, não tendo capacidade para reter o CO₂ produzido durante a fermentação, dando origem a um produto final com um volume inadequado, uma estrutura muito compacta e friável (Hoseney e Rogers, 1990).

De forma a minimizar este problema tecnológico, têm sido desenvolvidos diversos trabalhos sobre a produção de massas isentas de glúten recorrendo a uma vasta gama de hidrocolóides como a goma xantana, hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), alginato de sódio, carragenato, pectina, goma guar, carboximetilcelulose, entre outros, como aditivos no fabrico dos produtos de panificação isentos de glúten (Lazaridou, *et al.* 2007; Sciarini, *et al.*, 2010; Crockett, *et al.*, 2011).

2.4 Seleção e função dos ingredientes escolhidos para a base de pizza isenta de glúten

A origem da pizza é italiana, e como se costuma dizer, o “segredo está na massa”, isto é, a massa reflete muito da qualidade da pizza, e para a sua elaboração são utilizados os mesmos ingredientes que para a elaboração de pão: farinha de trigo, água, sal e levedura, podendo em muitos casos, sofrer alterações consoante as receitas e/ou melhorar as características da massa durante o processamento. Neste trabalho foi necessário adicionar outros ingredientes de forma a colmatar a falta de glúten na massa. A base farinácea substituta da farinha de trigo foi a farinha e o farelo de arroz resultantes de uma indústria portuguesa que se dedica ao descasque do arroz. Estudos de desenvolvimento tecnológico indicam que os subprodutos do arroz podem ser usados como ingredientes para a melhoria nutricional e funcional de alimentos processados (Hammond, 1994). Pela semelhança de ingredientes entre as receitas de pão e de pizza, foi utilizada nesta parte do trabalho literatura essencialmente relacionada com pão, por falta de informação relativa a bases de pizza.

Segundo a Portaria n.º 52/2015 de 26 de fevereiro, o produto base de pizza define-se como: Produtos afins do pão – “os produtos obtidos a partir de massas levedadas e/ou sovadas, do tipo panar, fabricadas em formatos, que não se confundem com os

adotados para o pão. Sendo ainda possível a utilização de ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos nas condições legalmente fixadas”.

Este produto desenvolvido ao longo do trabalho é ainda definido, segundo a mesma Portaria como «Especial», uma vez que não provêm de farinhas de trigo, centeio ou milho, mas de outras farinhas ou misturas definidas na Portaria n.º 254/2003, de 19 de março.

É fundamental conhecer os principais ingredientes que constituem a massa de pizza de modo a compreender o seu papel nas características do produto final.

2.4.1 Farinha de trinca de arroz

A farinha de arroz é uma das farinhas de cereais mais adequadas para preparação de produtos sem glúten (Sciarini, *et al.*, 2010). Na sua constituição vêm em primeiro lugar os glúcidos representados basicamente pelo amido, cerca de 90%, responsável por muitas das propriedades do produto final. Em segundo lugar, as proteínas (7 a 9% da composição total). É também rica em sais minerais como o fosfato, ferro e cálcio e vitaminas do complexo B. A fração de amido presente na farinha de arroz, que não é digerida no intestino delgado mas que, posteriormente, é fermentada no intestino grosso designa-se, em termos fisiológicos, amido resistente (AR). Este é muitas vezes comparado com uma fibra dietética, uma vez que é um alimento fermentado no intestino grosso, por ação das bifidobactérias. Por este motivo o AR é considerado um agente prebiótico, pois contribui para a saúde do cólon, devido à produção de ácidos gordos de cadeia curta e, também, auxilia no controlo da diabetes (Haralampu, 2000; Borges, *et al.*, 2003; Pereira, 2010; Sajilata, *et al.*, 2006).

De acordo com a Portaria nº 1023/94 de 22 de Novembro, é permitido o fabrico de farinha de arroz destinada a panificação desde que respeite as seguintes características analíticas e limites máximos:

- Humidade: 14,5%
- Acidez: 0,10g/100g
- Cinza total: 0,80%
- Cinza insolúvel em HCl: 0,06%

2.4.2 Farelo de arroz

Resultante do processo de acabamento/melhoramento de grãos de arroz, constituído pela película e/ou gérmen, podendo conter partes do endosperma. O farelo apresenta amplo potencial como matéria-prima, pela sua abundância e baixo custo, porém, a sua utilização na alimentação humana tem sido condicionada devido às suas características de conservação, relacionadas com a rancificação, já que é muito rico em gordura e em lipoxigenases, à falta de controlo de manuseamento e às

dificuldades relativas à contaminação do farelo com resíduos de casca (Carvalho, et al., 2006). É muito utilizado como aditivo em rações animais, como fertilizante orgânico, e para a extração de óleo - orizol.

Pretende-se que o farelo enriqueça o produto final, pelo seu alto valor nutricional, uma vez que é rico em proteínas e fibras alimentares. Fibras alimentares são constituídas pelas partes edíveis das plantas ou glúcidos análogos resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacáridos, oligossacáridos, lenhina e substâncias vegetais associadas. A fibra alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos tais como efeito laxante, e/ou diminuição do colesterol e/ou redução de glicose no sangue (AACC, 2001). As cadeias laterais ou ramificadas da estrutura básica são os principais responsáveis pela diferente solubilidade das fibras alimentares que podem ser divididas em: fibras solúveis e fibras insolúveis. Estas têm diferentes efeitos fisiológicos. As fibras insolúveis atuam ao nível do intestino grosso, contêm celulose, hemicelulose e lenhina. As fibras solúveis são constituídas por hemicelulose solúvel, pectina e betaglucanas, atuam retardando o esvaziamento gástrico (Bollinger, 1999). O farelo de arroz possui ainda quantidades significativas de lipídios, minerais: magnésio, potássio, fósforo, ferro, manganês, e zinco e vitaminas: tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, ácido pentoténico, biotina e tocoferol (Carvalho et al. 2006; Hoffenberg 2005).

A atividade antioxidante do farelo de arroz, em virtude da apresentação de componentes como α -orizanol, esteróis e tocoferol, é uma das características que impulsiona pesquisas para a exploração desta capacidade na produção de alimentos (Batista, et al., 2004).

A sua utilização para produtos alimentares dietéticos tem aumentado, sendo incorporado nos cereais matinais, snacks, pães, bolos e bolachas. O farelo possui boa capacidade de absorção de água e óleo e, por isso, pode contribuir para o desenvolvimento de vários produtos que requerem essas propriedades (Saunders, 1990; Júnior, et al., 2009). Segundo Domene (1996), o nível de proteína bruta do farelo varia entre 10 a 15%, sendo superior à proteína do trigo e do milho e os teores de cobre, ferro e zinco são superiores aos do milho (Domene, 1996). Foram já realizados estudos relativamente a porções de farelo de arroz, com baixo e alto teor de fibras, como alternativa à farinha de trigo na produção de pães isentos de glúten (Phimolsiripol, et al., 2012; Sabanis, et al., 2009). A qualidade do pão produzido com essas misturas foi favoravelmente comparada com a de pães formulados a partir de misturas de farinha de trigo e de centeio quanto ao sabor e aroma, no entanto, são produtos que apresentam cor escura e volume menor que o normal.

2.4.3 Amido de milho

O amido é o principal componente da farinha de arroz, no entanto, nas formulações desenvolvidas neste estudo, também se acrescentou amido de milho.

O amido é constituído essencialmente por dois tipos de polímeros de glucose, a amilose e a amilopectina. A amilose corresponde a um polímero de cadeia essencialmente linear, com cerca de 1.000 a 2.000 moléculas de α -glucose unidas por meio de uma ligação α -1,4'-glicosídica e corresponde 20 a 30% do total. Quanto à amilopectina, esta é constituída por cadeias longas e muito ramificadas, formada por 100.000 a 1.000.000 unidades de α -glucose unidas por ligações α -1,4'-glicosídicas. As ramificações são resultado de ligações cruzadas entre o carbono número 1 de uma unidade de glucose e o carbono número 6 de outra unidade (ligação α -1,6'-glicosídica) e são formadas a cada 20 a 25 unidades de glucose (Figura 8).

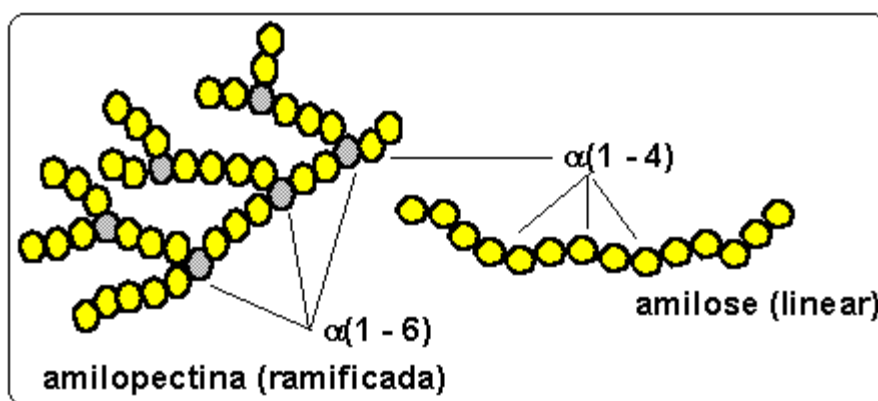


Figura 8 - Estrutura molecular do Amido

A amilopectina corresponde a 70 a 80% do amido total. Estas duas moléculas ligam-se fortemente umas às outras, através de ligações de hidrogénio, e encontram-se sob a forma de grânulos (Coultate 2002; Phillips e Williams 2009).

As moléculas de amilopectina arranjam-se em círculos concêntricos formando áreas duras, cristalinas, orientadas radialmente e regiões amorfas. Os grânulos de amido, pelo facto de serem estruturas bastante organizadas devido à presença de moléculas de amilopectina, possuem capacidade limitada de absorver água fria. Quando em contato com água fria, os grânulos incham ligeiramente devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas. Este processo é reversível quando seco. Todavia, quando os grânulos são aquecidos em água, incham de forma irreversível num fenómeno denominado gelatinização do amido, onde ocorre hidratação do grânulo, perda da cristalinização da amilopectina, seguida de lixiviação da amilose e, por fim, formação de um gel de amilose no exterior do grânulo. As estruturas moleculares dos grânulos agora fragilizadas começam a hidratar e a formar soluções

viscosas. A temperatura de gelatinização, isto é, a temperatura em que ocorre a rotura dos grânulos é muito característica da fonte de amido, podendo variar entre os 60°C e o 70°C (Coultate, 2002; Phillips e Williams, 2009).

Durante o arrefecimento, espaço de tempo que pode ir de minutos a horas, as moléculas de amilose autoassociam-se, recristalizando parcialmente, num processo denominado retrogradação do amido. Este fenómeno dá origem a um “pão seco”, isto é, aumento da rigidez e falta de elasticidade na textura (Coultate, 2002; Phillips e Williams 2009).

2.4.4 Água

A água é também um ingrediente importante e imprescindível na formação da massa, na medida em que hidrata as proteínas presentes, permitindo que estas estabeleçam ligações, e atua como solvente e plastificante permitindo que, durante o processo de cozimento do pão, ocorra o fenómeno de gelatinização do amido. Tanto a quantidade como a qualidade e a temperatura da água (37°C) são extremamente importantes e têm influência sobre os produtos obtidos (Phillips e Williams, 2009). É muito importante uma dosagem adequada de água na formulação, pois esta é determinante para a consistência final da massa contribuindo para a textura do pão e da base da pizza. A insuficiência de água nos produtos de panificação pode ser dramática, uma vez que um teor reduzido de água pode provocar uma baixa hidratação da farinha, contribuindo para a falta de elasticidade. Ao passo que, uma quantidade excessiva de água, resulta numa massa grudenta com baixa resistência à extensão, muito viscosa (Canella-Rawls, 2012). Em paralelo, promove a formação de um meio húmido favorável às atividades fermentativas e enzimáticas (Matuda, 2008; Schmidt-Hebbel, 1981), tendo implicações negativas ao nível sensorial e de conservação no armazenamento.

A atividade da água (a_w) é uma importante parâmetro de avaliação da perecibilidade do produto, uma vez que, é uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações, diretamente relacionadas com o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos, mas também, a quantidade de água disponível no alimento pode influenciar as características de textura dos materiais.

Os alimentos cuja atividade de água seja superior a 0,95 irá proporcionar humidade suficiente para suportar o crescimento de bactérias, leveduras e bolores. O a_w pode ser reduzido a ponto de inibir o crescimento dos organismos. Para valores de $a_w > 0,75$ já existem condições favoráveis para o crescimento de leveduras e bactérias (Grant, 1989; Fellows, 2006).

Em suma, a água tem como funções na panificação, possibilitar a formação do glúten (que neste caso não se aplica), permitir a gelatinização do amido, controlar a consistência e temperatura da massa, dissolver os sais, suspender e distribuir os ingredientes, possibilitar a ação das enzimas e controlar a maciez e palatabilidade do pão (Mattos, 2010).

2.4.5 Sal

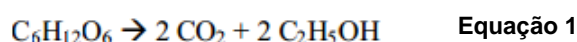
O sal é indispensável em qualquer formulação de pão ou base de pizza. Este contribui para o sabor e para as propriedades reológicas da massa, pois o sal faz com que a massa fique mais “forte”, isto é, aumenta a resistência à extensão do glúten (Pavanelli, 2010). Esta última função não se adequa ao produto desenvolvido neste trabalho, uma vez que é isento de glúten. Contudo, o sal também ajuda a controlar a ação da levedura. Sem adição de sal, a levedura atuaria rapidamente, esgotando os açúcares presentes e produzindo um produto de superfície pálida (El-Dash, *et al.*, 1994; Kent, 1994; Quaglia, 1991) e sem volume, por ter colapsado ao rebentarem todas as bolhas da massa, por excesso de produção de CO₂.

Para além destas funções, o sal tem uma ação anti-microbiana seletiva e atua durante a fermentação, retardando especialmente as fermentações secundárias dos microrganismos produtores de ácidos, diminuindo o desenvolvimento de dióxido de carbono, com uma relativa diminuição da porosidade do produto final. O sal também influencia a textura e a conservação do produto, devido à sua capacidade de absorver água: higroscopicidade (Quaglia, 1991).

A Assembleia da República publicou a Lei nº75/2009, de 12 de Agosto, na qual se estabelece limites legais máximos para o teor de sal no pão: 1,4g de cloreto de sódio por 100g de pão. Esta lei também estabelece orientações aos operadores do setor alimentar, no que se refere ao teor de sal, nomeadamente ao nível da sua quantificação na rotulagem dos alimentos pré-embalados destinados ao consumo.

2.4.6 Fermento biológico (levedura)

A função mais importante da levedura em panificação é a produção de CO₂ na massa, através da fermentação alcoólica dos açúcares presentes (glicose, frutose, sacarose e maltose). Também influencia as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa. É ainda capaz de produzir compostos aromáticos característicos de produtos de panificação fermentados (Nunes, *et al.*, 2006; Pattison, *et al.*, 2001). A reação de fermentação (Equação 1) é dada por:



A levedura mais utilizada nas massas, para produtos de panificação, é a *Saccharomyces cerevisiae*, pela sua capacidade de fermentar os açúcares produzindo dióxido de carbono e álcool. Reproduz-se por geminação e é particularmente ativada em condições de anaerobiose e com uma nutrição suficiente e apropriada. Os fatores que influenciam a atividade das leveduras são o pH, os nutrientes disponíveis e a presença de substâncias tais como os sais, capazes de bloquear o desenvolvimento e de inibir a atividade de fermentação de outros microorganismos concorrenciais (Quaglia, 1991; Gava, *et al.*, 2009).

2.4.7 Fermento Químico

O fermento químico disponível comercialmente é composto por uma mistura de bicarbonato de sódio e outros sais ácidos, como o monodrato de fosfato monocálcico, diidrato de fosfato dicálcico, sulfato de alumínio e sódio. Esta mistura tem a propriedade de libertar apenas uma parte do gás, quando é incorporada na massa húmida. O restante gás é libertado quando atinge uma determinada temperatura dentro do forno, sendo indicado para preparações que levam mais tempo para serem cozidas no forno, como os bolos (Flaishmann, 2012).

O bicarbonato de sódio (NaHCO_3) é uma substância natural alcalina, produzida a partir das cinzas de sódio, que quando em presença de um ácido liberta CO_2 na forma de bolhas de ar. Não precisa de temperatura para reagir, embora o gás seja libertado mais rapidamente quando submetido a altas temperaturas, por isso, observa-se melhor o seu efeito durante o cozimento.

O excesso de fermento pode contribuir para um produto final com sabor amargo e, também, faz com que a massa cresça rapidamente e acabe por colapsar. Já o contrário, contribuirá para um produto pouco volumoso e textura compacta (Canella-Rawls, 2012).

Durante a etapa de homogeneização dos ingredientes dos produtos de panificação, forma-se uma massa que tem incorporado ar no seu interior, isto é, bolhas onde está acumulado o CO_2 , formado pelo fermento. A distribuição destas bolhas deve ser homogênea, de modo a que este gás seja bem distribuído e a massa cresça de uma forma uniforme. Durante o aquecimento, etapa da cozedura, há formação de vapor de água que, pelo aumento da pressão, faz dilatar as bolhas, resultando no crescimento da massa. A massa da pizza deve ser suficientemente elástica, de modo a oferecer resistência nas paredes das bolhas, aquando do aumento de pressão do CO_2 e do vapor de água (Bobbio, 1992).

2.4.8 Açúcar

O açúcar é adicionado à formulação para ser consumido pela levedura e proporcionar o crescimento da massa durante a fermentação. Também ajuda na retenção de humidade, confere sabor e contribui para a cor da base de pizza através das reações de Maillard durante a etapa de cozedura.

A adição de pouco açúcar à massa resultará numa base de pizza com crosta muito clara e pouco volumosa, enquanto que o excesso de açúcar origina uma crosta escura, um miolo pegajoso e baixa absorção de água (Hoseney, *et al.*, 1990; El-Dash, *et al.*, 1994).

2.4.9 Goma Xantana

A goma xantana é um aditivo alimentar identificado como INS 415 ou E-415, e como tal pode ser utilizado numa variedade de produtos como espessante, estabilizante, emulsionante e espumante (FAO/WHO).

Atua como melhorante de textura, nos produtos isentos de glúten, supostamente por contribuir para o aumento de volume e retenção de humidade. O controlo da humidade é essencial em todas as fases de produção dos produtos de panificação, porque a má hidratação dos ingredientes secos resulta em massas não uniformes, originando uma estrutura frágil facilmente colapsável durante ou após a cozedura. Quando a goma xantana é misturada aos ingredientes secos da massa, hidrata rápida e uniformemente para evitar a formação de grumos durante a etapa inicial da mistura. Esta hidratação ajuda na distribuição uniforme da massa, ajudando a estabilizar as bolhas de ar formadas durante o processo de mistura e amassadura (Phillips e Williams, 2009).

Apesar de o seu preço comercial ser elevado, em comparação com o amido, a goma xantana tornou-se um espessante de eleição, porque apresenta um comportamento reológico único. Mesmo em baixas concentrações apresenta uma viscosidade elevada, e tem uma excelente estabilidade numa ampla faixa de temperaturas e pH, além de ser compatível com muitos sais e ácidos presentes nos alimentos (Phillips e Williams, 2009).

Os hidrocolóides em geral são muitas vezes utilizados nas formulações de pães como forma de melhorar as propriedades tecnológicas das massas e a qualidade final do pão. Estudos demonstraram que a adição destes, afeta o comportamento reológico da massa e influencia o processo de endurecimento do pão (Guarda, *et al.*, 2004).

Foi realizado um estudo que avaliou o efeito de goma xantana e goma guar na força do gel de amido de milho com diferentes proporções de amilose/amilopectina (Weber, *et al.*, 2009). Verificou-se que os géis de amido com alto teor de amilose

apresentaram uma força de gel maior que os géis de amido com menor fração de amilose, demonstrando um elevado impacto desta molécula na força final do gel. A adição de goma xantana proporcionou uma redução significativa da força do gel de amido, independentemente do teor de amilose, em todos os tempos de armazenamento analisados. Pelo contrário, a adição de goma guar não promoveu alterações significativas nos valores de força do gel durante 7 dias de armazenamento. O resultado obtido pela adição de goma xantana pode ser explicado por uma maior interação com a água por parte desta goma, pela sua capacidade de ionização, restringindo a quantidade de água disponível para a completa gelatinização do amido, resultando em géis com valores de força inferiores (Lai, *et al.*, 2003; Botelho, 2012).

Quanto ao fenómeno de endurecimento, existe ainda alguma controvérsia, porém a maioria dos investigadores concorda que a retrogradação do amido é o fator mais relevante que promove o aumento da firmeza do miolo do pão. Há estudos que dizem que o efeito da adição de diferentes hidrocolóides (carragenato, alginato, goma xantana, carboximetilcelulose e gelatina) no comportamento de endurecimento do miolo à base de farinhas isenta de glúten, mostraram que a goma xantana reduziu a firmeza do miolo nos diferentes tempos de armazenamento (0, 24h e 72h) (Sciarini, *et al.*, 2010). No entanto, outro estudo verificou que o pão contendo goma xantana apresentou maior firmeza em comparação com os outros hidrocolóides após 24h de armazenamento (Guarda, *et al.*, 2004; Botelho, 2012).

2.4.10 Ovo

Com o intuito de reduzir a adição de melhorantes da estrutura interna do produto incorporou-se ovo fresco no mix, pois é geralmente considerada uma alternativa para melhorar as características dos pães com glúten. Uma base de pizza não é mais nem menos que um pão com menos tempo de fermentação e com outras dimensões. Desta forma o ovo, sendo rico em proteínas, nomeadamente, albumina e fosfolípidos, que são substâncias anfifílicas, atua como agente formador de espuma e estabilizador do miolo, criando consequentemente uma estrutura semelhante às proteínas do glúten (Araújo, *et al.* 2008; Brandão, *et al.*, 2011).

O ovo, apesar de não ser considerado um ingrediente básico, é largamente utilizado nos produtos de panificação. Contribui para o sabor, cor e para a formação estrutural da massa, providencia humidade, gordura e proteína, emulsionando a gordura e a água presentes na formulação (Araújo, *et al.* 2008; Brandão, *et al.*, 2011).

Um aspeto importante a ter em conta no processo de amassadura é a temperatura dos ovos, porque pode afetar a massa. Os ovos quando refrigerados e adicionados à mistura, esfriam e endurecem levemente (por recristalização parcial) a gordura que

está a ser transformada em creme. Para evitar ou minimizar esta situação, pode-se aumentar o período de amassadura, ou como foi feito neste trabalho, juntando-se todos os ingredientes líquidos à parte, mexendo-os para homogeneizar a mistura e a temperatura estabilizar e, depois, juntar aos ingredientes sólidos.

Na massa, os ovos incrementam a cremosidade porque aumentam o número de células de ar, já que a espuma é estabilizada pelos fosfolípidos e pelas proteínas, permitindo que o processo de expansão tenha continuidade e sustentação. O ovo tem o poder de ligar as partículas de farinhas e outros ingredientes granulares de uma massa (Araújo, *et al.*, 2008).

2.4.11 Gordura

A gordura utilizada nas formulações foi o óleo de girassol, devido às suas características favoráveis e à grande disponibilidade no mercado. A gordura desempenha um papel importante no desenvolvimento do glúten, porque possibilita uma melhor retenção de gás libertado na fermentação, devido à lubrificação das cadeias do glúten, melhorando assim, a sua extensibilidade, o que não se aplica, uma vez que se pretende desenvolver um produto isento de glúten.

Neste caso concreto, pretende-se que desempenhe funções como intensificador de sabor e cor, contribua para a formação de uma crosta crocante, formando também uma película protetora de humidade durante a cozedura, o que retarda o envelhecimento da base de pizza. Segundo Penfield e Campbell (1990) a adição de 3% de gordura sobre o peso da farinha reduz a taxa de endurecimento dos pães.

O contributo dos lípidos na formação da textura do pão deve-se à sua interferência nas interações entre as proteínas e o amido. A difusão dos lípidos na interface ar-água é facilitada pelas proteínas que se ligam aos lípidos. Os lípidos da farinha, bem como os que são adicionados, por sua vez, interagem com a amilose e amilopectina (Fennema, 2010), actuando como plastificantes, lubrificando as redes estruturais de proteína e amido (Brandão, *et al.*, 2011).

2.5 Análise de perfil de textura (TPA)

A avaliação das propriedades da textura pode ser feita através de uma avaliação sensorial, recorrendo a um painel de provadores, ou através de uma avaliação instrumental, recorrendo a equipamentos que determinam certos parâmetros responsáveis pela qualidade do produto. As características de textura dos alimentos são um dos principais parâmetros de qualidade avaliados pelos consumidores, sendo fundamentais para a aceitação do produto, mesmo antes de serem consumidos. Muito embora seja na boca onde ocorre a melhor percepção da textura, através dos processos de mastigação e deglutição (Cubero, *et al.*, 2002).

A aceitação de um determinado produto pelo consumidor depende basicamente de quatro fatores de qualidade: aparência, sabor, textura e características nutricionais. Porém, existem outros fatores, como o custo, a conveniência e embalagem que influenciam a aceitação do consumidor, embora não sendo considerados fatores de qualidade de alimentos (Bourne, 1982; Sousa, 2001). A textura é uma das propriedades mais importantes nos produtos de panificação, aliada ao sabor e aparência (Bourne, 1982). Uma base de pizza caracteriza-se por apresentar crocância na camada superior e maciez no miolo, sendo estas características de textura que tornam uma base de pizza agradável. A análise do perfil de textura (TPA) é um método objetivo de avaliar estas propriedades. O teste consiste em comprimir ou penetrar uniaxialmente a amostra em estudo duas vezes, num movimento recíproco, imitando a ação da mandíbula. Desta forma, durante o teste é realizada uma primeira compressão ou penetração seguida por um relaxamento, durante um período de tempo estabelecido, e uma segunda compressão ou penetração. A partir deste teste obtém-se um gráfico: força *versus* tempo, a partir do qual se calculam os parâmetros de textura (Figura 9). estabelecidos por Frieman, Whitney e Szczesniak (1963), modificados por Bourne (1968) e apresentados por Van Vliet (1991) conforme a Tabela 3. Nesta tabela, também se encontram as correlações encontradas nos parâmetros de dureza entre a análise experimental e sensorial, ou seja, mostra as definições de parâmetros mecânicos de textura em relação aos sensoriais (Szczesniak, 2002).

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade calculados através do TPA e respetiva descrição

Parâmetros		Descrição experimental	Descrição Sensorial
Firmeza ou dureza (N)	F2	Corresponde à força máxima registada no primeiro ciclo de penetração ou compressão.	Força requerida para comprimir uma substância sólida entre os dentes incisivos.
Fracturabilidade (N)	F3	Força com que o material fractura.	
Coesividade (Adimensional)	$A_{4:6}/A_{1:3}$	É a extensão até ao qual o material pode ser distendido antes de romper irreversivelmente.	Grau de deformação da amostra antes da rotura com os molares.
Elasticidade	$t_{4:5}/t_{1:2}$	Relacionada com a capacidade de recuperação do material entre o 1º e o 2º ciclo, corresponde ao cociente entre as duas deformações.	Grau em que o produto retorna para a sua forma original quando comprimido entre os dentes.
Adesividade (N.s)	$A_{3:4}$	Corresponde ao trabalho necessário para remover a sonda do material; é dada pela área negativa do gráfico; apenas existe em certos materiais.	Força necessária para remover completamente o produto do palato, usando a língua, depois de completa compressão entre a língua e o palato

Fonte: Sousa, 2001

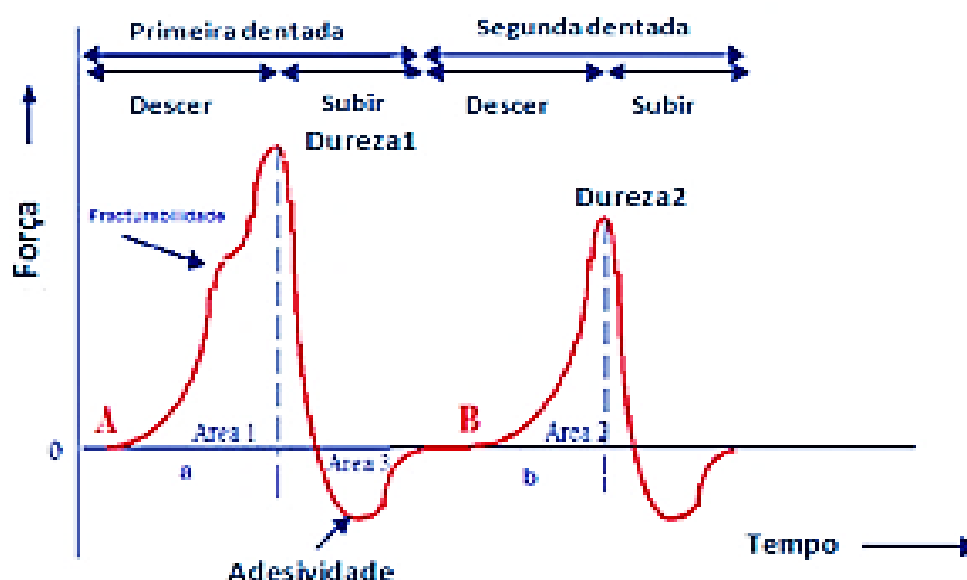


Figura 9 - Típica curva Força vs Tempo do TPA

Fonte: Bourne, 2002

A relação entre a força e a distância é obtida através de um equipamento designado texturómetro, que tem acoplado um software que regista a variação dos parâmetros de textura do material (parâmetros acima referidos). Este equipamento (Figura 10) realiza não só o TPA como outros testes. Os resultados obtidos neste equipamento podem ser registados em termos de força vs tempo ou força vs distância, mas esta última representação é mais difícil de traduzir em termos da tabela 3.



Figura 10 - Texturómetro utilizado para realização do TPA e teste de corte. TA.XT.plus (Stable Micro Systems, UK)

2.6 Teste de Corte (*Cutting*)

Após a cozedura das massas, as bases de pizza isentas de glúten foram submetidas a um teste de corte no mesmo texturómetro, no qual foi utilizada uma sonda de INOX com 6 centímetros de comprimento. A base de pizza isenta de glúten sofre vários cortes de forma a medir a força máxima (N) média necessária para cortar a pizza (altura do pico máximo).

2.7 Análise do comportamento viscoelástico dos materiais

A reologia pode definir-se pela ciência que estuda a deformação e o escoamento de materiais sólidos ou líquidos (Sousa, 2001). O comportamento reológico dos alimentos é muito complexo e desempenha um papel importante em muitos processos, é necessário conhecê-lo na indústria alimentar por diversos motivos, como por exemplo, calcular as tubagens e as bombas e seleccionar os equipamentos de mistura, laminagem, etc..

Todo o material sob uma força externa, exercida numa determinada superfície (tensão), apresenta uma resposta entre as duas extremidades do comportamento ideal: um sólido elástico e um líquido viscoso. Sendo que o primeiro é descrito pela lei de Hooke e traduz-se pelo facto de a tensão ser directamente proporcional à deformação, enquanto o segundo obedece à lei de Newton, a tensão é directamente

proporcional à taxa de deformação. No entanto, a maior parte dos alimentos comporta-se como um material viscoelástico, ou seja, dependendo da tensão aplicada e da escala de tempo, o corpo sólido pode apresentar propriedades da fase líquida e um material líquido revelar propriedades de um corpo sólido. A deformação ocorre quando o material está no estado sólido e a propriedade reológica de interesse é a elasticidade. O escoamento ocorre quando o material está no estado líquido e a propriedade reológica de interesse é a viscosidade. Uma vez que alguns materiais não podem ser diferenciados em sólidos ou líquidos com clareza, a propriedade reológica de interesse nestes casos é a viscoelastecidade. As massas panares estão incluídas nos materiais viscoelásticos (Sousa, 2001).

Os fluidos podem ser classificados como newtonianos se a viscosidade é constante ou fluido não newtoniano se a viscosidade varia em função da velocidade de deformação.

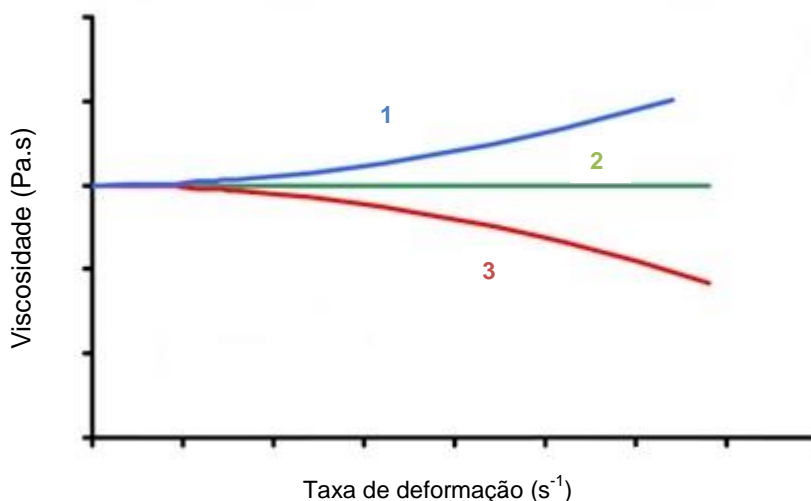


Figura 11 – Curvas de fluxo de viscosidade representativas dos diferentes tipos de comportamento reológico. 1 - Reoespessante 2 - Newtoniano 3 - Reofluidificante

Se a viscosidade aumenta com a taxa de deformação estamos perante um fluido reoespessante (ex.: amido em água). Se a viscosidade diminui com a taxa de deformação estamos perante um fluido reofluidificante, sendo este o mais encontrado nos produtos alimentares (ex.: maioneses, molhos para saladas, queijos de pasta, massas panares, mole, iogurtes, margarinas) (Sousa e Pereira, 2010).

Para interpretar o comportamento viscoelástico dos materiais é utilizado o módulo dinâmico complexo (G^* em Pa), « $G^* = G' + iG''$ », onde G' representa o módulo elástico ou de armazenamento (mede a energia armazenada) e G'' representa o módulo viscoso ou de dissipação (mede a energia dissipada). O comportamento viscoelástico pode ser descrito pela variação de G' e G'' em função da frequência, obtendo-se uma

curva denominada espectro mecânico ou varrimento de frequência, que fornece importantes informações sobre a estrutura interna do material estudado (Alves, 2003; Rao, 1992).

A reologia ajuda a entender a funcionalidade de ingredientes no desenvolvimento dos produtos, estudos de controlo de qualidade, de vida útil de prateleira e determinação da textura do alimento, evitando o recurso a um painel de provadores (Rao, 1992).

Para a caracterização do material viscoelástico, que neste caso são massas de pizza, efetuam-se testes dinâmicos, isto é, teste de varrimento de tensão, para a determinação da zona viscoelástica linear e teste de varrimento de frequência, para obtenção do espectro mecânico.

Inicialmente, faz-se um teste de varrimento de tensão com o objetivo de avaliar, para cada formulação, a zona viscoelástica linear, i.e. a zona de tensões na qual o comportamento do material é independente da tensão aplicada. A tensão aplicada varia ao longo do tempo, a um valor de frequência fixo, e registam-se os valores dos módulos viscoelásticos, isto é, G' e G'' , de modo a determinar a gama de tensões onde as funções viscoelásticas (G' e G'') são independentes da tensão aplicada, isto é, zona em que não se verifica a destruição da estrutura do material

Depois de obtida a tensão correspondente à zona de viscoelasticidade linear do material estudado, inicia-se o teste de varrimento de frequências, ou seja, registam-se as variações de G' e G'' em função da frequência, a uma tensão constante, obtendo assim o espectro mecânico do material (protocolos de Sousa e Pereira 2010).

3 Materiais e métodos

3.1 Materiais

Os ingredientes utilizados foram seleccionados atendendo às suas características, custo de mercado e garantia de isenção de glúten. A base farinácea foi constituída por farinha de trinca de agulha e farelo de arroz vaporizado, ambos fornecidos por uma empresa arroseira de Oliveira de Azemeis. Foram ainda utilizados outros ingredientes como: amido de milho (Maizena), fermento químico (Continente), levedura (Vahiné), sal (Auchan), açúcar (Sidul), água, ovos frescos (Continente), óleo (Fula) e goma xantana (Degussa). Foram utilizadas multi-farinhas comerciais para bases de pizza para devida comparação com a formulação desenvolvida neste trabalho. Foi, ainda, utilizada uma mix para bases de pizza isenta de glúten (Schar) e uma mix para pão integral com glúten (Nacional). O processo de elaboração de ambos os produtos esteve de acordo com as especificações dos produtos descritas nas embalagens e

respeitou o tempo/temperatura de fermentação e tempo/temperatura do forno da formulação desenvolvida neste trabalho.

3.2 Metodologia

3.2.1 Desenvolvimento da formulação de base de pizza isenta de glúten

Para obtenção da formulação da base de pizza isenta de glúten, foram realizados vários ensaios a partir de receitas à base de farinha de trigo, que foi depois totalmente substituída por farinha de trinca de agulha e farelo vaporizado (subprodutos da indústria do descasque de arroz). Foram adicionados ingredientes com vista a melhorar as características sensoriais e de textura das bases. O estabelecimento destas formulações foi precedido de testes preliminares com o objetivo de estabelecer os níveis de incorporação de cada ingrediente com a ajuda de análises sensoriais informais, no sentido de fazer uma pré-selecção e avaliação dos ingredientes com interesse. Foram realizados ensaios onde se estudou o efeito da adição, ou da diminuição, de um determinado ingrediente.

Ao longo do trabalho experimental caminhou-se no sentido de encontrar uma formulação cujas características sensoriais fossem favoráveis e se assemelhassem a uma base de pizza comum. Na Figura 12, estão representados os passos seguidos para se chegar à formulação final.

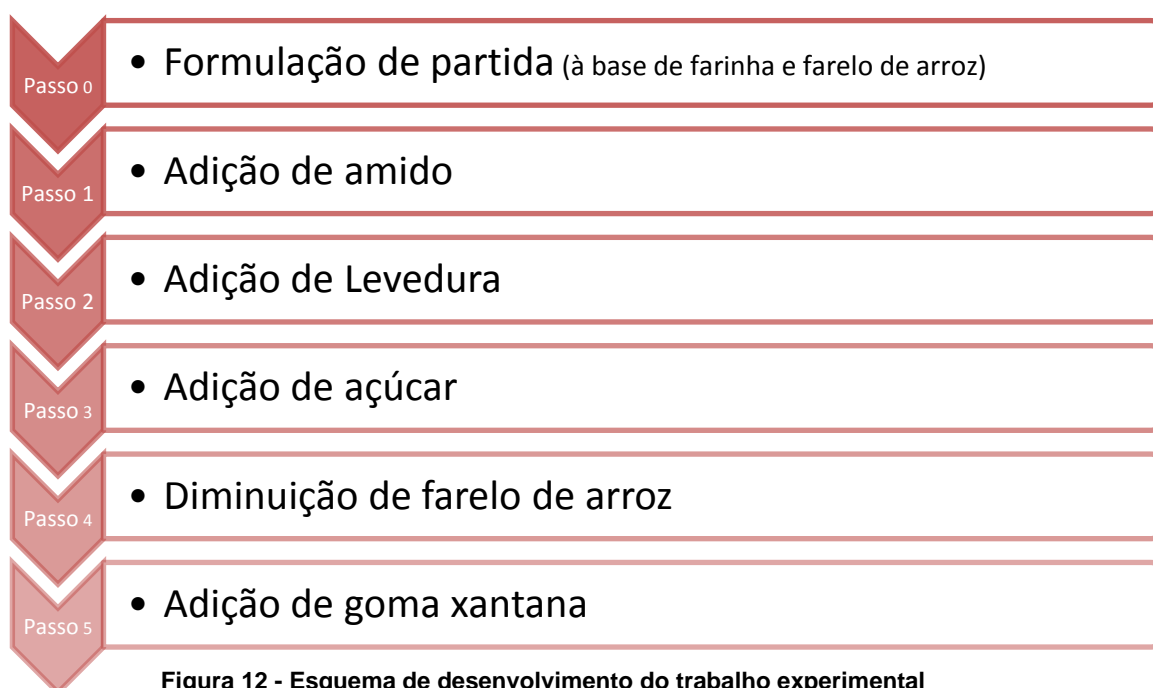


Figura 12 - Esquema de desenvolvimento do trabalho experimental

Partindo da formulação base constituída por farinha de arroz, farelo de arroz, fermento, sal, ovo, óleo e água, foi-se evoluindo no sentido de chegar a uma base de pizza com características sensoriais semelhantes a produtos de panificação à base de trigo. Para tal, pretendeu-se inicialmente analisar o efeito da substituição de parte da farinha de arroz por amido de milho.

Em geral, as massas para bases de pizza não levam levedura porque não necessitam de um grande aumento de volume, como no caso do pão. No entanto, como se trata de um produto sem glúten, sentiu-se necessidade de analisar o efeito de adição de levedura para aumentar a sua leveza. Adicionaram-se 2,5% de levedura, diminuindo a quantidade de amido de milho, por ser um ingrediente bastante dispendioso.

Para melhorar o efeito da levedura na massa estudou-se o efeito da adição de açúcar na formulação. Adicionou-se 1,5% de açúcar, diminuindo a mesma quantidade de amido de milho, pelo motivo acima referido.

Quanto ao sabor da base de pizza isenta de glúten, nesta altura, apresentava um sabor ligeiramente amargo característico do farelo de arroz. Deste modo, foi necessário diminuir a percentagem de farelo de arroz utilizado, mas não demasiado, visto que o objetivo central do trabalho é o aproveitamento de subproduto da indústria arroseira. Por este motivo, reduziu-se cerca de 2% da quantidade inicial de farelo de arroz aumentando-se nessa proporção a quantidade de farinha de arroz.

Pelas propriedades anteriormente referidas da goma xantana, pretendeu-se analisar o efeito da introdução desta, de forma a melhorar a estrutura interna da base de pizza isenta de glúten. Introduziu-se apenas 1% de goma xantana, uma vez que, também é um ingrediente caro e diminuiu-se no amido de milho pelo mesmo motivo.

As formulações foram intituladas segundo o ingrediente que se estudava e codificadas com: F+número, de modo a facilitar a identificação de cada uma como se resume na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição das formulações desenvolvidas

	% m/m					
	S/amido (F1)	C/amido (F2)	Levedura (F3)	C/ açúcar (F4)	Farelo (F5)	Xantana (F6)
Amido de milho	-	17,08	14,60	13,10	13,10	12,10
Farinha de arroz	48,05	30,97	30,97	30,97	32,74	32,74
Farelo de arroz	6,19	6,19	6,19	6,19	4,42	4,42
Sal	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Fermento	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
Ovo	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70	17,70
Água	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
Óleo	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54	3,54
Levedura	-	-	2,48	2,48	2,48	2,48
Açúcar	-	-	-	1,50	1,50	1,50
Goma Xantana	-	-	-	-	-	1,00

Paralelamente a estas formulações, foram estudadas outras 3 formulações, uma formulação cuja base farinácea foi substituída por farinha de trigo (Controlo), uma mix para bases de pizza isenta de glúten (*Schar*) e, por fim, uma mix para pão integral com glúten (Nacional), as quais se designaram por C+número. A comparação com uma mix de pão integral foi feita no sentido de averiguar semelhanças resultantes da incorporação de farelo, fonte de fibra. A formulação desenvolvida ao longo deste trabalho possui um forte apontamento integral pela adição de farelo, pretende-se comparar com outra formulação que também tenha esta componente integral, isto é, seja rica em fibra.

Na Tabela 5 estão descritos os ingredientes que constituem as multi-farinhas comerciais para bases de pizza e a formulação controlo.

Tabela 5 - Composição das formulações comerciais e de controlo (base seca)

*Nas formulações seguintes é adicionada posteriormente água. Na C1 é ainda adicionado ovo e óleo e na C2 e C3 é adicionado apenas óleo.

Controlo (C1)	Schar (C2)	Integral (C3)
Farinha de trigo	Amido de milho	Farinha integral de trigo
Sal	Farinha de arroz	Farinha integral de centeio
Fermento	Proteína de tremçoço	Levedura
Levedura	Dextrose	Sal
Açúcar	Fibra de maça	Ésteres monoacetiltartáricos e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos, emulsionante de possível origem animal (E472e).
	Hidroxilpropilmetilcelulose	Goma de tara (E417)
	Sal	Ácido ascórbico (E300)

3.2.2 Preparação da pizza

A metodologia utilizada para a preparação das massas de bases de pizza isentas de glúten desenvolvidas como as massas de pizza utilizadas para comparação (C1, C2, C3) foram elaboradas da mesma forma e sob as mesmas condições, como demonstra a Figura 13.

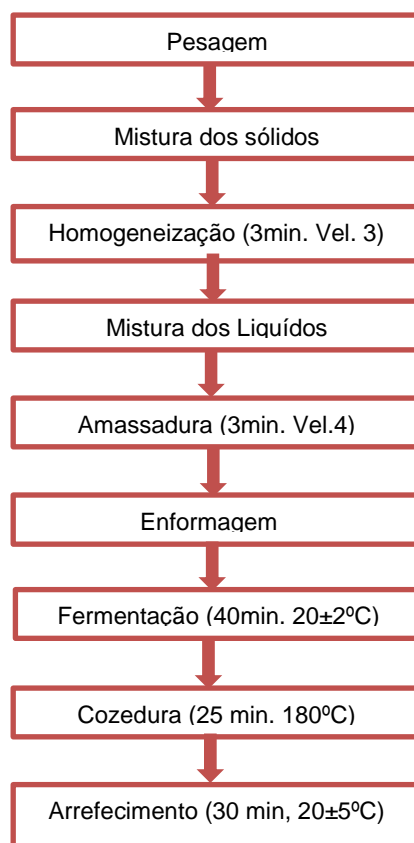


Figura 13 - Diagrama da preparação da base de pizza isenta de glúten

Após a pesagem de todos os ingredientes sólidos, estes foram homogeneamente misturados durante 3 minutos numa termobatedeira (Bimby, Vorwerk, Germany) à velocidade 3. Seguidamente, foram adicionados os ingredientes líquidos todos ao mesmo tempo depois de serem homogeneizados, água (37 °C), o óleo e o ovo, seguindo-se de amassadura durante 3 minutos na velocidade 4. Após a homogeneização da massa, esta foi colocada numa forma circular onde ficou em repouso durante 40 minutos coberta com um pano húmido à temperatura ambiente (20±2°C) de forma a simular as características de um lar comum (Figura 14).



Figura 14 - Enformagem e repouso da massa isenta de glúten

Após fermentação, a massa foi cozida durante 25 minutos num forno elétrico ventilado (Johnson A60), previamente aquecido a 180 °C. De seguida, procedeu-se ao arrefecimento da base, durante 30 minutos, até à temperatura ambiente.

3.2.3 Avaliação da textura das massas e das bases

Para avaliação da textura das massas e das bases foram efetuados testes num texturómetro TA.XT.plus (Stable Micro Systems, UK) equipado com uma célula de carga de 5 kg (Figura 15) numa sala com temperatura controlada a $20 \pm 2^\circ\text{C}$.



Figura 15 - Avaliação da textura da massa de pizza (Texturómetro TA.XT.plus, Stable Micro Systems)

Na avaliação da textura das massas, foi realizado um teste de perfil de textura (TPA) ou também conhecido por teste das duas dentadas (two bite), logo após a fermentação da massa, ou seja, nas condições de entrada no forno. Este teste é composto por uma sonda que atua duas vezes no material em modo de penetração, havendo um tempo de intervalo de 5 segundos entre os dois ciclos, para recuperação da estrutura do material (Sousa, 2001). Utilizou-se uma sonda cilíndrica de 8 mm a uma velocidade de 1 mm.s^{-1} e foram efetuadas 10 repetições em cada amostra. A profundidade da sonda na amostra correspondeu a $\frac{3}{4}$ da altura atingida da massa após a fermentação (segundo o software utilizado).

A partir deste teste foram obtidos texturogramas de força vs tempo, o que possibilitou calcular parâmetros como: dureza (N), coesividade (adimensional) e elasticidade (adimensional). Estes parâmetros foram os que se revelaram com maior capacidade de discriminar as amostras em estudo. Desta forma, foi possível comparar formulações e avaliar diferenças de textura sem recorrer ao painel de provadores.

Para a avaliação da textura das bases, isto é, amostras após a cozedura, foram realizados testes *cutting* no mesmo texturómetro, no qual foi utilizada uma sonda em forma de lâmina de INOX com 6 centímetros de comprimento. Cada amostra sofre dez cortes de modo a medir a força máxima (dureza - N) média necessária para cortar a pizza. A profundidade de corte da sonda correspondeu a $\frac{3}{4}$ da altura da base de pizza isenta de glúten após a cozedura.

3.2.4 Comparação reológica das massas

Os ensaios reológicos foram efetuados na massa sem glúten, selecionada no final do desenvolvimento, numa mix comercial para base de pizza integral com glúten, numa mix para base de pizza isenta de glúten e numa formulação designada de controlo, isto é, uma massa idêntica à selecionada sem glúten, mas onde se trocou a base farinácea por farinha de trigo. O espectro mecânico foi realizado considerando um tempo de espera da amostra no prato do reómetro 10 minutos, de modo a permitir a estabilização do material. Todos os ensaios reológicos foram realizados à temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, sendo esta controlada no prato do reómetro (Rheometer Haake RS-75, Alemanha). Foi utilizado um sistema sensor de pratos paralelos rugosos, com 20 mm de diâmetro e um gap de 1,5 mm.

Para todas as amostras de massa estudadas foi realizado um teste de varrimento de tensão, de modo a selecionar a tensão a aplicar que permitisse garantir as condições de viscoelasticidade linear. Depois, foi determinado o comportamento viscoelástico pela variação de G' (módulo elástico ou de armazenamento) e G'' (módulo viscoso ou de dissipação) com a frequência - teste de varrimento de frequência, onde se obtêm o espectro mecânico do material, que reflete a organização da sua estrutura interna, desde que o mesmo seja realizado na zona de viscoelasticidade linear.

3.2.5 Avaliação do aumento de volume da massa ao longo da fermentação

Em cada formulação desenvolvida foi efetuada a medição do aumento de volume durante a fermentação da massa. Foi utilizado um recipiente cilíndrico com diâmetro e altura conhecidos e com uma régua mediu-se a altura inicial e a altura após os 40 minutos de fermentação (Figura 16). Este método foi adaptado do método das propriedades de espumas (Raymundo, 1998). Desta forma, foi possível calcular o aumento de volume (em %) através da de um parâmetro que se designa por percentagem *over-run*, sendo expresso pela fórmula seguinte:

$$\% \text{ over-run} = \frac{(vf-vi)}{vi} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

onde v_f representa o volume final da massa após fermentação e v_i o volume inicial da massa.

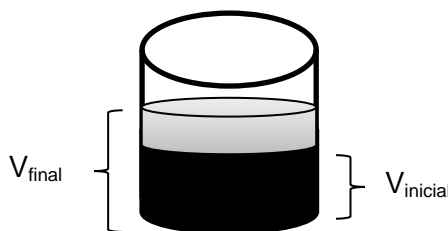


Figura 16 - Esquematização da medição do volume após a fermentação da massa

3.2.6 Atividade da água

A determinação do a_w das bases foi efetuada logo após o arrefecimento, utilizou-se o equipamento Hygralab 3 (Rotronic, UK), sendo realizadas à temperatura constante ($22 \pm 0,2^\circ\text{C}$). Este método baseia-se na medição da humidade relativa de uma atmosfera confinada a um pequeno espaço, onde se estabelece o equilíbrio com o produto a ensaiar. Para cada formulação, as determinações foram efetuadas em triplicado e apresentados os resultados médios com o respetivo desvio padrão.

3.2.7 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada com duas amostras de base de pizzas isentas de glúten servidas simples, isto é, sem cobertura. Uma amostra correspondia à formulação desenvolvida neste trabalho e a outra amostra correspondia à base de bizza comercial isenta de glúten, *Schar*.

O teste de aceitação efetuado contém expressões verbais hedónicas que são convertidas em valores numéricos de 1 a 6 (sendo o 1 mais negativo e o 6 mais positivo), para todos os atributos. Exceção feita para o atributo cor, no qual a escala compreendia valores entre 1 a 5 para os extremos “muito mais escuro que o ideal” e “muito mais claro que o ideal”, respectivamente, permitindo, assim, a análise estatística dos resultados (Noronha, 2003; Pala, 2013).

Esta análise foi realizada por um painel não treinado, composto por alunos, funcionários e professores do Instituto Superior de Agronomia. Participaram no estudo 34 provadores, com idades entre os 18 e 56 anos, de ambos os sexos. Todos os provadores foram instruídos sobre a forma adequada de realizar a análise e da importância de enxaguar a boca com água entre cada degustação. Os resultados foram analisados por perfil sensorial (ISSO 13299:2003), representação gráfica (em coordenadas polares) relativamente aos 6 atributos das 2 amostras.

As amostras foram servidas à temperatura de consumo em pratos descartáveis codificados com uma letra e dois números cada. Além das amostras receberam a ficha

de análise (Anexo II - Ficha de prova das amostras simples), um copo com água e 2 bolachas de água e sal para limpar o palato.

3.2.8 Análise estatística

As diferenças significativas entre os valores médios obtidos para os diferentes parâmetros calculados foram determinados através do programa Action, suplemento do Microsoft Office Excel. Todos os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), mais concretamente a testes de Tukey, considerando-se em todos os casos um nível de significância de 95% ($p < 0,05$).

4 Resultados e Discussão

4.1 Análise da textura

4.1.1 Análise do perfil de textura das massas

Na figura 17 resumem-se os resultados da firmeza das massas desenvolvidas e comparam-se com as comerciais e com o controlo (com trigo).

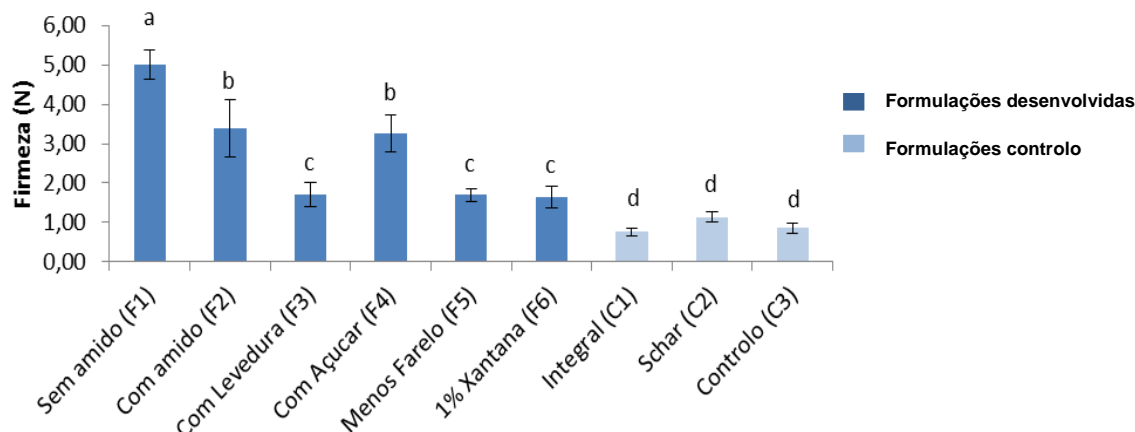


Figura 17 - Firmeza das massas (N)

*Diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam resultados significativamente diferentes entre as formulações ($p \leq 0.05$), de acordo com a ANOVA

Considerando os resultados apresentados na Figura 17, verifica-se que, de um modo global, a firmeza das massas vai diminuindo gradualmente ao longo do desenvolvimento das formulações, com excepção da formulação F4, aproximando-se de forma não significativa das formulações comerciais e do controlo.

A formulação de partida (F1) apresenta firmeza de 5N significativamente superior a todas as outras, com a adição de amido (F2) a firmeza da massa diminuiu apresentando agora cerca de 3,5N. Esta redução de firmeza pode estar relacionada com a transformação de uma pequena proporção de amido em maltose e outros açúcares, pela ação da α e β -amílases, durante os estágios de amassadura e fermentação (Coultate 2002).

Estruturalmente, a massa isenta de glúten é um sistema constituído de partículas de amido que formam a fase dispersa e água que constitui a fase líquida contínua. O resultado é uma massa com uma estrutura mais semelhante a um gel (Dobraszczyk, et al., 2001). Ao introduzir levedura na formulação, esta reduziu significativamente ($p < 0,05$) a firmeza da massa, fazendo-a diminuir para 2N. Os açúcares presentes naturalmente na farinha são fermentados pela ação das leveduras, produzindo CO_2 na massa. Esta produção de gás incrementa a alveolação

da massa, isto é, aumentam o número de espaços vazios no interior da massa, tornando-a menos compacta e mais semelhante a uma espuma, característica de estrutura fundamental no miolo dos produtos tradicionais de panificação (Gallagher, *et al.*, 2009).

A incorporação de açúcar (F4) teve como objectivo melhorar a ação das leveduras, mas acabou por contribuir para a estruturação da massa. Desta forma, a formulação F4 resultou num aumento significativo de firmeza.

A diminuição da quantidade de farelo de 6,19% para 4,42% (F5) fez com que a firmeza da massa diminuísse significativamente ($p < 0,05$). Na ausência de glúten, é importante o teor de proteína e lípidos na massa, no sentido de estabelecer mais ligações. O farelo utilizado é constituído por 12,2g de proteína e 25,7g de lípidos enquanto que a farinha de trinca de arroz agulha é constituída por 5,7g de proteína e 1,6g de lípidos (valores respetivos a 100g de produto). Ao diminuir a quantidade de farelo na formulação F5, a firmeza diminui significativamente, o que resulta da perda de ligações estruturais provenientes das proteínas e dos lípidos presentes no farelo.

A incorporação de 1% goma xantana (F6) não alterou significativamente ($p < 0,05$) a firmeza da massa, mantendo-se praticamente inalterada em relação à formulação anterior, tratando-se de um ingrediente de elevado custo.

A formulação controlo C3 tem uma firmeza idêntica à das massas comerciais (C1 e C2). No entanto, todas as formulações desenvolvidas sem glúten apresentam uma firmeza significativamente ($p < 0,05$) superior, sendo as formulações F3, F5 e F6 as que se aproximam mais das formulações controlo.

Na Figura 18, estão representados os resultados relativos à coesividade das massas, obtidos através da análise do TPA.

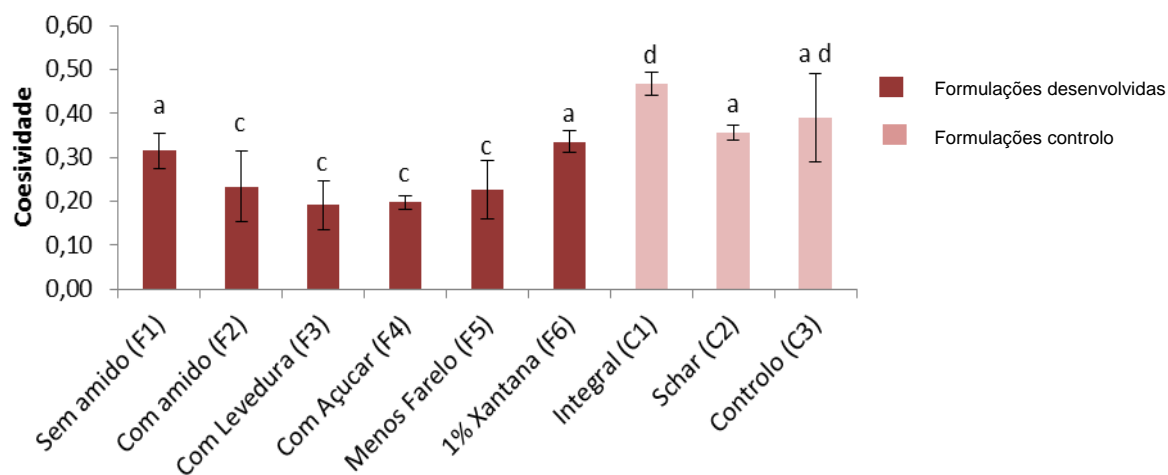


Figura 18 - Coesividade das massas

* Diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam resultados significativamente diferentes entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA

As diferenças de coesividade entre as formulações desenvolvidas e as comerciais não são tão acentuadas como no caso da firmeza.

Destacam-se as formulações F1 e F6 que apresentam coesividade semelhante às formulações padrão (C2 e C3). Embora, a formulação F1 apresente características de sabor menos agradáveis. Todas as outras formulações desenvolvidas apresentam valores significativamente ($p < 0,05$) inferiores de coesividade.

Na Figura 19 resumem-se os resultados da elasticidade das massas obtidos a partir do TPA.

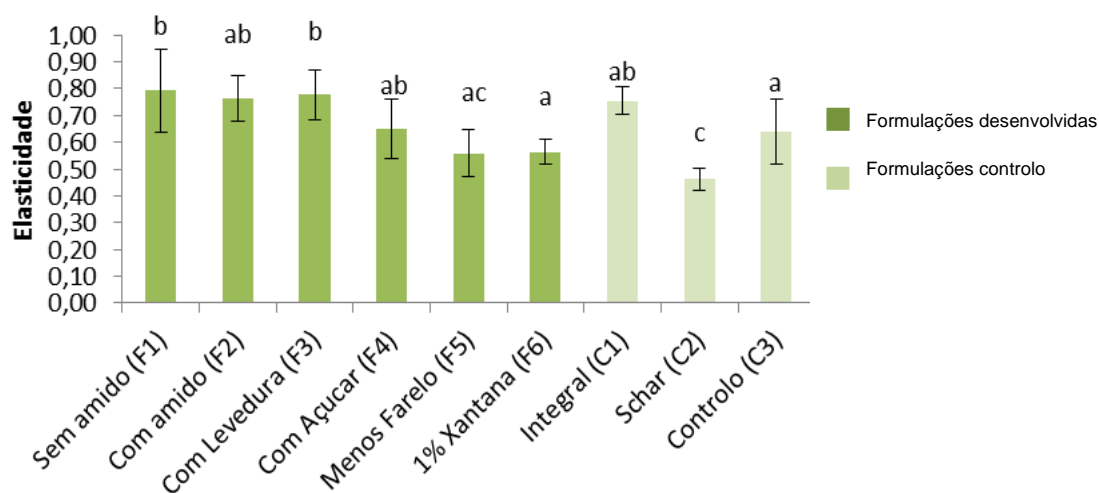


Figura 19 - Elasticidade das massas

*Diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam resultados significativamente diferentes entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA

Qualquer uma das formulações desenvolvidas possui semelhanças com as formulações controlo, a nível da elasticidade. Destaca-se a formulação F5 que não

apresenta diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação à massa comercial isenta de glúten (C2), como também, não apresenta diferenças significativas com as outras formulações padrão (C1 e C2).

4.1.2 Análise da textura das bases de pizza

A Figura 20 diz respeito à firmeza das bases de pizza cozidas no forno, isentas de glúten, desenvolvidas ao longo do projeto, i.e, firmeza das massas depois de cozidas.

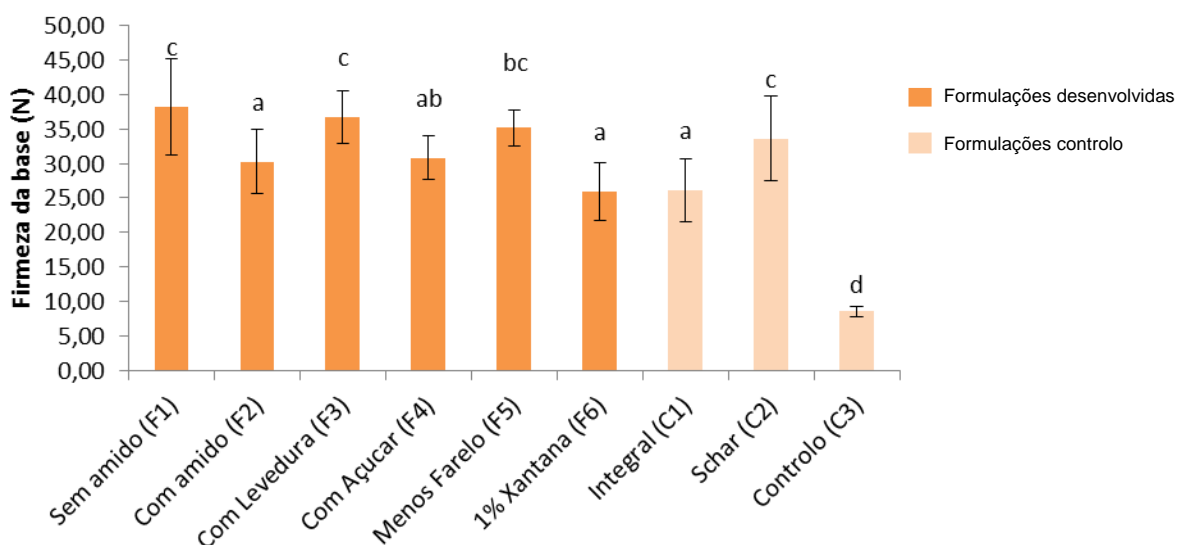


Figura 20 - Firmeza das bases de pizza

* Diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam resultados significativamente diferentes entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA

Se na firmeza das massas desenvolvidas nenhuma das formulações, isentas de glúten, apresentava firmeza igual às formulações controlo, no que se refere às massas cozidas (base) o panorama é outro. A base de pizza comercial sem glúten (C2), apresenta significativamente maior firmeza em comparação com C1 e C3, não apresentando diferenças significativas de firmeza com as formulações F1, F3 e F5. As bases de pizza desenvolvidas apresentam valores de firmeza da mesma ordem de grandeza a C1 e/ou C2, o que abre boas perspetivas para a exploração comercial deste produto. A formulação C3 apresenta valores de firmeza da base significativamente inferiores a todas as outras, isto deve-se à utilização de farinha de trigo, que resulta em pizzas com uma estrutura menos firme, já que o desenvolvimento do glúten na massa facilita a produção de CO_2 , contribuindo para a formação dos alvéolos, tornando a massa mais elástica e a base de pizza mais fofa (Bobbio, 1992).

A formulação F5 e F6 foram as amostras que apresentaram comentários mais positivos através de avaliações sensoriais informais. A F5 é significativamente

($p < 0,05$) mais dura que a formulação F6. A base de pizza F5 apresenta valores de firmeza semelhantes à base comercial Schar (C2) e a base de pizza F6 apresenta valores de firmeza semelhantes à base de pizza comercial integral (C1). Para eleger a formulação mais interessante, iríamos ou para a F5 ou para a F6, por serem sensorialmente melhores, mas deveremos ponderar outros parâmetros que não só os resultados retirados do texturómetro, tais como: a capacidade de expansão das massas, atividade da água, custo da formulação e, por fim, a análise sensorial.

4.2 Análise da atividade da água

A Figura 21 apresenta os valores de atividade da água das bases de pizza após o arrefecimento.

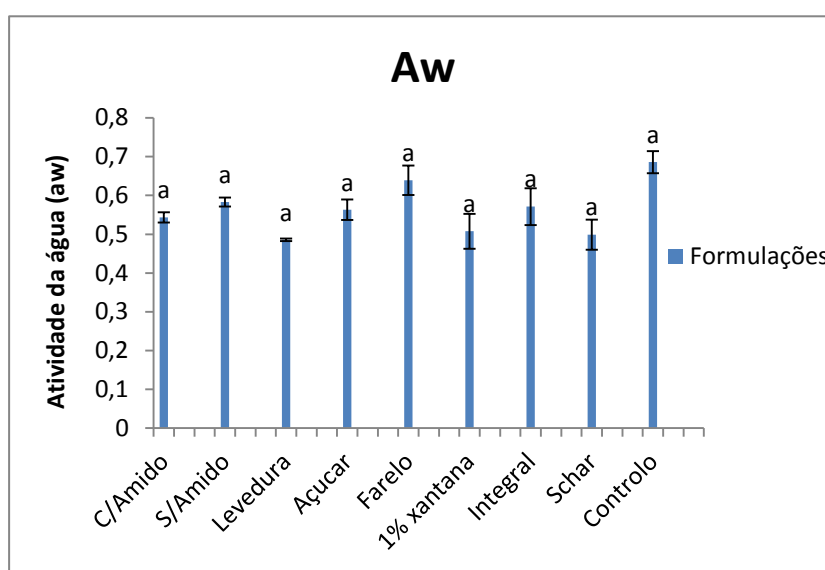


Figura 21 - Atividade da água das bases de pizza desenvolvidas, comerciais e controlo (aw)

*Diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam resultados significativamente diferentes entre as formulações ($p \leq 0,05$), de acordo com a ANOVA

A partir da observação da Figura 21 verifica-se que a atividade da água não apresenta diferenças significativas entre as diferentes formulações desenvolvidas e em comparação com as formulações padrão. Estes resultados foram corroborados por vários autores (Lazaridou, et al., 2007), que ao produzirem pão de arroz, amido de milho e caseinato de sódio verificaram que o a_w foi mais acentuado nos pães com goma xantana e pectina relativamente aos pães sem adição de hidrocolóides. Posto isto, verifica-se que este parâmetro não permite discriminar as diferentes formulações, por isso não será o parâmetro mais correcto para avaliar. De salientar que todas as formulações desenvolvidas apresentaram valores de a_w inferiores a 0,6, estando por

isso numa zona correspondente a um limitado crescimento microbiano (Grant, 1989, Fellows, 2006) e por isso com boas condições de conservação.

4.3 Avaliação da capacidade de expansão das massas ao longo da fermentação

A capacidade de expansão da massa ao longo da fermentação foi avaliada a partir da percentagem de *over-run* das diferentes massas ao longo da fermentação e está representada na Figura 22.

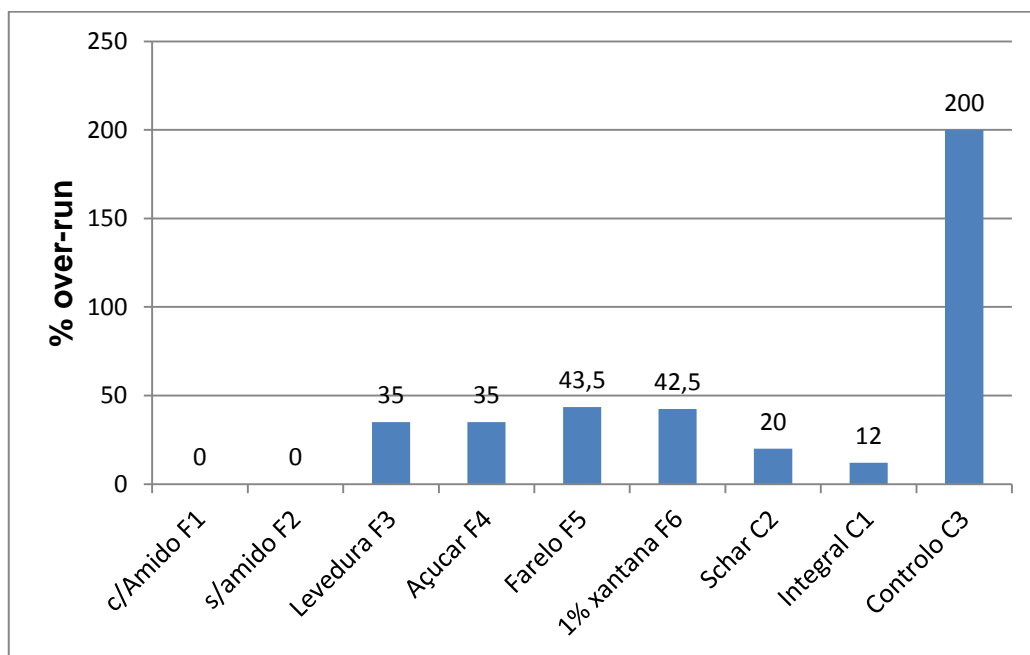


Figura 22 - Avaliação da capacidade de expansão das massas desenvolvidas, comerciais e controlo

Observa-se, pela análise do gráfico, que as últimas formulações desenvolvidas apresentaram expansão do volume das massas superior. Nas formulações F1 e F2 não existiu qualquer crescimento da massa, assim que é adicionada levedura (F3) a massa apresenta um *over-run* de 35%. Isto revela que a presença de levedura é crucial para a qualidade do produto. A adição de açúcar (F4) não teve qualquer impacto ao nível do aumento do volume da massa. Este resultado pode ter sido influenciado por diversos motivos: a percentagem de açúcar adicionada não ter sido a suficiente (1,5%); as condições de temperatura da sala onde a massa fermentou não terem sido as apropriadas ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) e, por fim, pode ter sido reduzido o tempo de fermentação da massa. A redução do farelo de arroz vaporizado (F5) conferiu um ligeiro aumento de volume da massa (*over-run* = 43,5%), este facto pode estar relacionado com a diminuição de fibras, ou de gordura, que podem interferir no aumento de volume, quando presentes na massa. A adição de 1% de goma xantana

(F6) não trouxe qualquer benefício para o crescimento da massa, mantendo-se o *over-run* na ordem dos 40%.

As bases de pizza provenientes de valores de *over-run* superiores, ou seja, massas mais volumosas foram as que apresentaram uma estrutura mais apelativa e menor firmeza (F5 e F6). Na Figura 23 é possível observar o aumento do volume das massas.

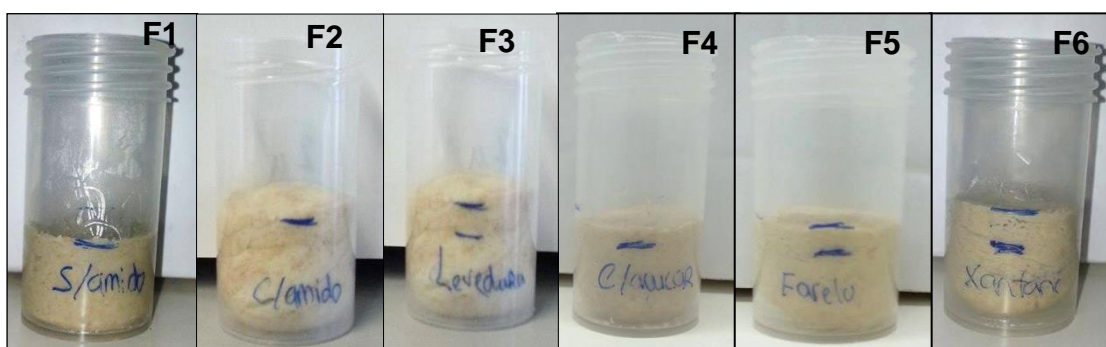


Figura 23 - Aumento de Volume durante a fermentação das massas (%)

Tendo por base os resultados até aqui discutidos e o custo de cada formulação, pretende-se apoiar a eleição da fórmula mais adequada com os resultados de uma análise sensorial informal, com um grupo restrito de provadores, que nos permitirá, selecionar entre as formulações F5 e F6 que, por sua vez, se encontram equiparadas. Observou-se anteriormente que a firmeza de a base de pizza F5 não apresenta diferença significativa ($p < 0.05$) da base comercial *schar* (C2) e a base de pizza F6 não apresenta diferença significativa ($p < 0.05$) da base comercial integral (C1) (Figura 20). Foi, então, feita uma análise sensorial restrita a um pequeno grupo de provadores e concluiu-se que não havia diferenças notórias que fizessem optar por uma ou outra formulação. Posto isto, optou-se pela formulação que continha menos ingredientes de forma a reduzir o seu custo. Uma vez que a formulação F6 tem na sua constituição goma xantana, o que encarece consideravelmente o produto, optou-se pela formulação F5.

4.4 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada em duas amostras de bases de pizza isentas de glúten, uma amostra correspondia à base de pizza desenvolvida neste projeto e a outra amostra correspondia à base de pizza comercial da mix *Schar*. Ambas as amostras foram servidas quentes, tal como o consumidor habitualmente consome pizza.

A cada amostra foi atribuído um código de letras e números gerado aleatoriamente: 2X2 – formulação F5 (à base de amido de milho, farinha de arroz, farelo de arroz); e 4Y5 – mix comercial para bases de pizza da marca *Schar* (à base de amido de milho, farinha de arroz, proteína de tremço, fibra de maçã, hidroxipropilmetilcelulose).

Na Figura 24 apresentam-se os resultados referentes a esta primeira fase da análise sensorial.

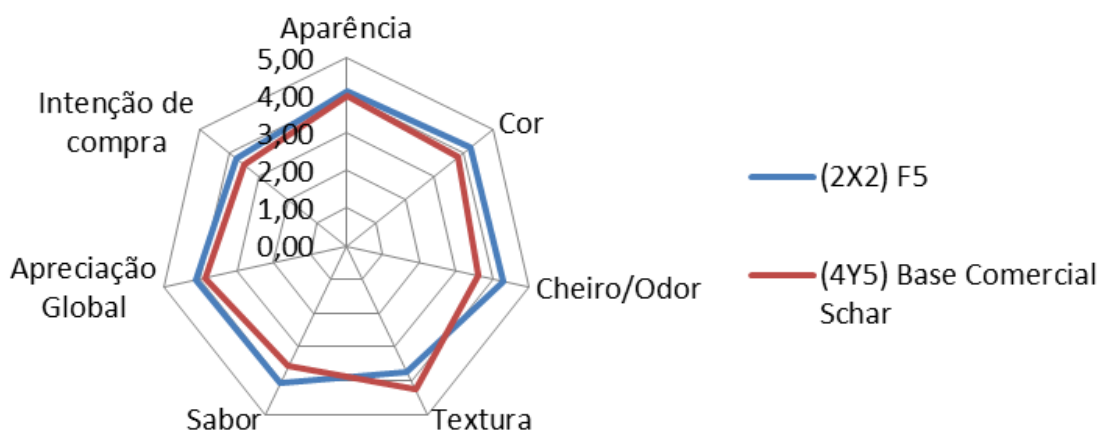


Figura 24 - Resultados médios dos parâmetros sensoriais analisados pelos provadores das bases de pizza simples (sem cobertura)

Através da observação da Figura 24 é possível verificar a quase coincidência das características sensoriais da base desenvolvida e da base comercial, em quase todos os parâmetros com valores muito aproximados entre os 3 e os 5 valores. A amostra comercial apresenta valores ligeiramente inferiores à amostra F5, excepto no parâmetro textura. Neste parâmetro os provadores revelaram uma preferência ligeiramente superior pela amostra comercial.

No questionário fornecido ao painel de provadores, foi dada a oportunidade para votarem na amostra que preferiam, tendo por base a apreciação global do produto. Nas respostas houve 23 votos a favor da amostra F5 e 11 votos a favor da amostra comercial.

4.5 Comportamento reológico das massas

Na figura 25, encontram-se os resultados dos espectros mecânicos da massa desenvolvida e dos padrões utilizados para o estudo.

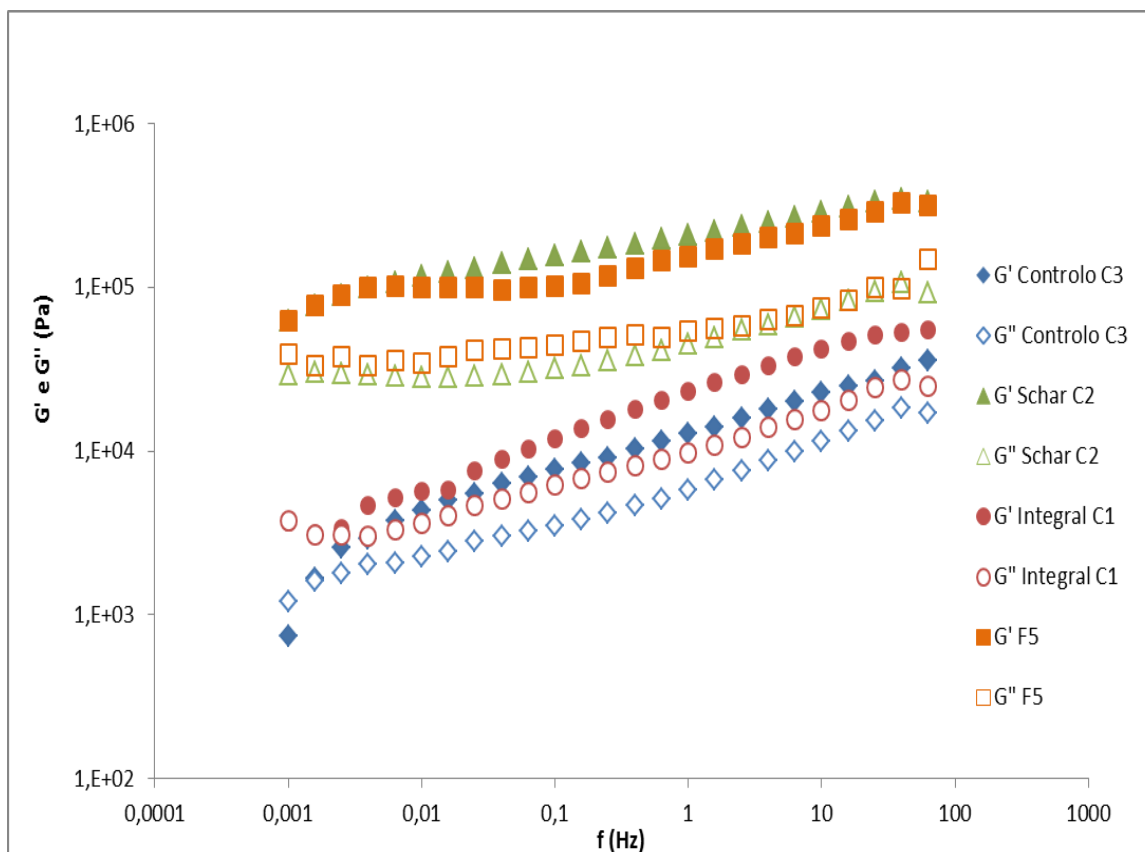


Figura 25 - Espectro mecânico das massas de pizza comerciais, do controle e da formulação F5

Os resultados são apresentados em termos de variação G' (módulo elástico) e G'' (módulo viscoso) com a frequência de oscilação. Todos os ensaios foram precedidos de varrimentos de tensão, de modo a garantir que se utilizam tensões oscilatórias na zona viscoelástica linear das massas.

A partir dos espectros mecânicos das massas, verifica-se que a componente elástica (G') é sempre superior à componente viscosa (G'') em todos os casos, o que revela um comportamento predominantemente elástico. Nas formulações que possuem na sua constituição glúten (C1 e C3) verifica-se uma dependência mais acentuada dos parâmetros viscoelásticos com a frequência e valores mais baixos destes parâmetros sendo o G' , mais próximo do G'' . Constata-se que em ambas as massas as diferenças de valores entre os módulos G' e G'' são inferiores a uma década, demonstrando

tratarem-se de massas com um comportamento aproximado a um gel fraco. Pelo contrário as massas isentas de glúten (F5 e C2) apresentam estruturas mais estáveis, com valores dos parâmetros G' e G'' superiores e mais distanciados entre si e menos dependentes da frequência.

4.6 Caracterização nutricional das formulações

Na Tabela 6 estão identificados os constituintes sólidos da formulação final desenvolvida ao longo deste estudo e das formulações utilizadas como padrão, a mix comercial Schar e a mix comercial de pão integral.

Tabela 6 - Constituintes sólidos das formulações padrão e da desenvolvida ao longo do trabalho

Formulação F5	Schar	Integral
Farinha de Arroz	Amido de milho	Farinha integral de trigo
Farelo de Arroz	Farinha de arroz	Farinha integral de centeio
Amido de milho	Proteína de tremçoço	Levedura
Levedura	Dextrose	Sal
Açúcar	Fibra de maçã	Ésteres monoacetiltartáricos e diacetiltartáricos de mono e diglicéridos de ácidos gordos, emulsionante de possível origem animal (E472e)
Fermento	Hidroxilpropilmetilcelulose	Goma de tara (E417)
Sal	Sal	Ácido ascórbico (E300)

Tal como se pode observar as multi-farinhas comerciais (*Schar* e *Integral*) têm na sua constituição fibras alimentares (Fibra de maçã) e gomas (Hidroxilpropilmetilcelulose, Goma de tara).

A Tabela 7 indica a composição nutricional e o valor energético das 3 formulações, obtidos através da informação disponível no rótulo para os produtos comerciais e para a formulação F5 através de cálculos com base na composição do produto.

Tabela 7 - Tabela nutricional (100g de produto)

	Schar	Integral	Formulação F5
	g/100g do produto		
Valor energético/energia	1461 kJ/345 kcal	1441 kJ/334 kcal	1314 kJ/314 kcal
Lípidos	1,1	1,7	2,00
Dos quais ácidos gordos saturados	0,3	0,4	0,00
Hidratos de carbono	77	65	70,7
Dos quais açúcares	4	2,1	2,8
Fibra	6,1	7	9,8
Proteínas	3,7	11	3,3
Sal	1,0	1,3	1,09

Quanto à composição em lípidos, não existe muita variação entre a formulação F5 e as mixes comerciais. No entanto é importante recordar que estes valores dizem respeito ao produto (mix) que posteriormente é adicionado de água, óleo e/ou ovo, que

contribuem para o aumento do teor de lípidos. Em relação aos hidratos de carbono a formulação *Schar* é a que possui maior composição (77g) seguida da formulação F5 (70,7g) e, por fim, a mix comercial integral (65g). A formulação *Schar* apresenta na sua constituição 4g de açúcares simples, seguida da formulação F5 com 2,8g e, por fim, a Integral com 2,1g. A formulação *Schar*, uma vez isenta de glúten é constituída por maior quantidade de açúcares para favorecer o crescimento da massa durante a fermentação (El-Dash, *et al.*, 1994; Hosney, *et al.*, 1990). Verifica-se um teor de proteína elevado (11g) na formulação Integral, que pode ser explicado pela composição do mix em dois tipos de farinhas integrais diferentes, trigo e centeio, ricas em proteína. Em relação às fibras, a formulação F5 apresenta um valor consideravelmente superior (9,8g) ao mix comercial integral (7g) e ao mix *Schar* (6,1g). A presença de fibra na mix *Schar* deve-se essencialmente à adição de fibra de maçã para colmatar a reduzida quantidade desta na farinha utilizada. Isto significa que a percentagem utilizada de farelo de arroz é suficiente para aproximar, até mesmo, ultrapassar este os valores de fibra que contituem um produto integral. Tanto a farinha de trinca de arroz como o farelo de arroz contribuem signitivamente para a percentagem de fibra do produto, como se pode verificar na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição em fibra da farinha de trinca e farelo de arroz utilizados na mix F5

% m/m	Farinha trinca de arroz (%)	Farelo de Arroz (%)
Fibra total	16,32	51,29
Fibra Insolúvel	10,13 ± 0,75	45,25 ± 0,03
Fibra Solúvel	6,19 ± 0,59	6,04 ± 0,10

Valores bastante diferentes dos apresentados por Walter, et al, 2008:

Tabela 9 - Composição em fibra (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e vaporizado polido.

	Arroz integral (%)	Arroz Polido (%)	Arroz vaporizado(%)
Fibra Total	11,76	2,87	4,15
Fibra Insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra Solúvel	2,82	1,82	2,52

Tendo em conta a literatura, a composição em fibra da farinha trinca de arroz utilizada neste estudo é consideravelmente superior ao arroz branco. Esta discrepância de valores pode estar relacionada com o processamento menos agressivo no polimento do arroz (métodos de moagem), da variedade de arroz e das

condições ambientais (Júnior, *et al.* 2009; Pallarés, *et al.* 2007), é de salientar que a farinha de arroz utilizada é proveniente da trinca, produto pouco processado.

Do ponto de vista global, a formulação desenvolvida (F5) é menos calórica que os padrões utilizados com apenas 314 kcal em 100 gramas de produto (mix). É de relembrar que a adição do ovo e do óleo contribuíram para o aumento do valor energético (kcal) do produto final como demonstra a Figura 10.

Tabela 10 - Valor energético do produto final, base de pizza isenta de glúten (F5) obtido por cálculo com base na composição da formulação

Valor energético	kcal	kJ
Contribuição do mix	314	1314
Contribuição do Ovo e Óleo	134	559
Total	448	1873

Fonte: Instituto Ricardo Jorge

4.7 Apresentação do Produto Final

No final deste trabalho, chegou-se a uma formulação final denominada por F5. A partir daqui, achou-se pertinente elaborar um produto com uma marca e uma embalagem apelativa.

Uma vez que se trata da formulação F5, propõe-se que este designação fique associado ao nome do produto, o **Five Pan**. Pode explorar-se o **Five** associando cinco vantagens para o consumo deste produto, tal como está ilustrado na Figura 26.

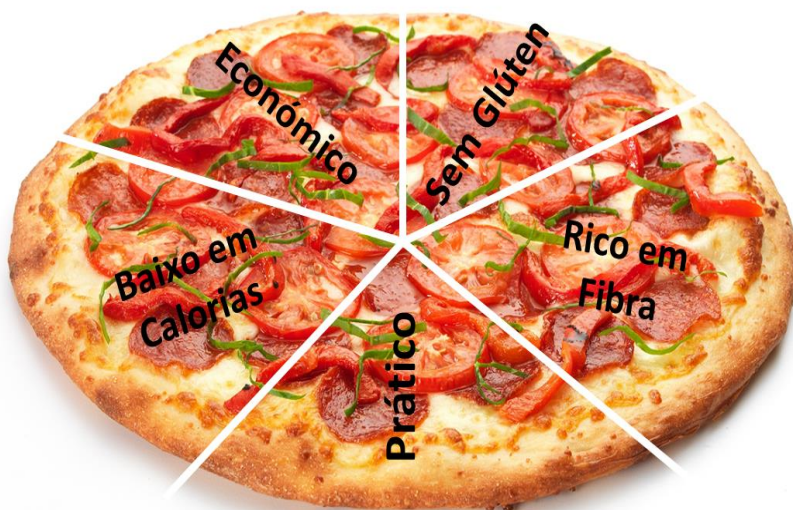


Figura 26 - Cinco vantagens para consumir FivePan

Também se considerou o uso da palavra “integral” apropriada para colocar na embalagem, em primeiro lugar pelo sabor e cor característico do produto desenvolvido, resultado da adição de farelo de arroz, e em segundo, por uma questão de marketing. Por este motivo, seria útil informar o consumidor celíaco para o tipo de produto que está a comprar. A palavra “integral” está muito associada a “produto saudável” daí também ser estratégico colocar esta palavra na embalagem. É algo inovador ter no mercado uma mix para base de pizza integral, isenta de glúten.

Para fugir dos tipos de embalagens que hoje em dia são utilizadas para este tipo de produtos, *transwrap*, propõe-se uma embalagem mais rígida e conservadora, tendo em conta que o farelo é um produto com alguma gordura e que rancifica rapidamente.



Figura 27 - Proposta de Embalagem do produto final

5 Conclusões

No trabalho realizado verificou-se que o desenvolvimento de mixes para o fabrico de pizza isenta de glúten, a partir de farinha de trinca de arroz agulha e farelo de arroz vaporizado, foi possível sem adição de hidrocolóides.

No desenvolvimento da receita, verificou-se que a adição de amido de milho favoreceu as características da pizza diminuindo a sua firmeza. A adição de levedura contribuiu para o crescimento acentuado da massa (% *over-run*) e criação de alvéolos que teve impacto na redução da firmeza da massa, garantindo maior sustentabilidade da base da pizza. A presença de açúcar não teve grande impacto na capacidade de expansão da massa ao longo da fermentação. No entanto, fez com que a base de pizza desenvolvida apresentasse características mais aproximadas à base comercial integral em termos de firmeza. A redução da percentagem de farelo teve como objectivo a melhoria do sabor, uma vez que este contribui com apontamentos amargos na pizza. A introdução de goma xantana a nível da textura, mais concretamente na firmeza da massa, não teve grande impacto. A base de pizza F5 apresenta valores de firmeza semelhantes ($p < 0,05$) à base comercial *Schar* (C2) e a base de pizza F6 apresenta valores de firmeza semelhantes ($p < 0,05$) à base de pizza comercial integral (C1). Estas duas últimas formulações apresentaram um aumento na percentagem de *over-run*.

No sentido de eleger a melhor formulação foi pedido a um grupo de provadores que avaliassem de forma expedita as bases de pizza correspondentes às formulações F5 de F6 uma vez que eram as que apresentavam características mais apelativas. Não foram encontradas diferenças notórias a nível sensorial por parte dos provadores que impedisse escolher uma ou outra. Desta forma, avançou-se com a formulação que não continha goma xantana, a F5, por ter um custo de produção inferior.

A formulação F5 teve uma boa pontuação na análise sensorial, estando quase sempre com valores próximos e ligeiramente superiores à amostra da mix *Schar*. Com exceção do parâmetro da textura que apresentou uma ligeira diminuição da pontuação. Isto significa que a formulação F5 quando comparada com uma base de pizza isenta de glúten comercial revela diferenças notórias a nível da textura, ao contrário do que aconteceu quando foi pedido aos provadores para escolherem entre a F5 e a F6. Desta forma, existe margem para futuramente se estudar e melhorar este aspecto.

Em relação às propriedades reológicas das massas, as formulações que contêm glúten apresentam uma dependência mais acentuada dos parâmetros viscoelásticos (G' e G'') com a frequência. Ao contrário das formulações isentas de glúten que

apresentam estruturas mais estáveis à medida que a frequência aumenta, consistentes com a maior firmeza das massas sem glúten e da maior dureza das bases de pizza sem glúten. A formulação final desenvolvida neste estudo apresenta valores de G' e G'' aproximados à formulação de pizza comercial isenta de glúten (*Schar*), que é um dos alvos do estudo para ajudar na otimização das formulações.

A análise nutricional, obtida através de cálculos, permitiu verificar que a mix para pizza desenvolvida neste estudo é rica em fibra e apresenta níveis calóricos inferiores.

5.1 Trabalhos Futuros

Com a realização deste trabalho atingiu-se o principal objetivo que era valorizar os subprodutos da indústria arroseira dando-lhes utilidade para a alimentação humana e contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia de estudo, obtendo resultados que permitissem desenvolver uma formulação de base de pizza que pudesse ser feita em casa, com um processo tecnológico simples, a um baixo custo e que permita aos doentes celíacos consumirem pizza de uma forma regular sem os elevados custos, que estão normalmente associados a este tipo de produtos. Porém, outros temas de investigação podem ser futuramente considerados:

- Otimização da formulação final da base da pizza, nomeadamente no que diz respeito à textura;
- Estudar a concentração de goma xantana na melhoria da textura do produto final;
- Avaliação das características sensoriais com a colaboração da APC (Associação Portuguesa dos Celíacos), recorrendo a um painel de consumidores celíacos.
- Utilização de outras misturas de farinhas e farelos de arroz, ex. Carolino, vaporizado ou agulha.
- Utilização de outros tipos de gomas, como a carboximetilcelulose, K-carragenato e/ou goma guar;

6 Referências Bibliográficas

AACC. 2001. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46 (3): 112- 126

ANIA. 2010. *Sector Agro-alimentar do Arroz em Portugal*. Disponível em: <http://www.ania.pt/> Acesso em: 2 de Janeiro de 2015

Akobeng, A. K., Thomas A. G. 2008. Systematic Review: Tolerable Amount of Gluten for People with Coeliac Disease. *Alimentary pharmacology & therapeutics* 27 (11): 1044–52.

Alves, M.M. 2003. A química e a Reologia no processamento de alimentos. *A Reologia*. Instituto Piaget.

Antunes, Henedina, *et al.*, 2006. First Determination of the Prevalence of Celiac Disease in a Portuguese Population. *Acta médica portuguesa* 19 (2): 115–20.

APC. Associação Portuguesa de Celíacos. 2014. Disponível em: <http://www.celiacos.org.pt> Acesso em: 15 de outubro de 2014

APN. Associação Portuguesa de Nutricionistas. Disponível em: <http://www.apn.org.pt/> Acesso em: 17 de Novembro de 2014

Araújo, W., Montebello, N., Botelho, R., Borgo, L.. 2008. *Alquimia Dos Alimentos*. Senac. 2nd ed.

Batista, A. 2004. Ação antioxidante de extratos de farelo de arroz com diferentes níveis de polaridades. In: Congresso de ciências farmacêuticas de cascavel, 1 e simpósio em ciência e tecnologia de alimentos do mercosul, 1. Resumos Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel.

Bollinger, H. 1999. Functional Food – Use of dietary fiber as a multi-function component. In *Food Marketing & Technology*, 15: 10

Botelho, F. S. 2012. Efeito das gomas xantana e / ou guar na textura de pães isentos de glúten elaborados. Instituto Superior de Agronomia, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Bourne, M. 1982. Food Texture and Viscosity. In *Academic Press*, 2nd Ed, Londres, U.K.

Brandão, S. S., Lira, H. L. 2011. *Técnico Em Alimentos. Tecnologia de Panificação e Confeitaria*. Brasil.

Canella-Rawls, S. 2012. *Pão - Arte E Ciência*. 5^o ed. SENAC, São Paulo, Brasil

Carvalho, J. D., Bassinello, P., Santos, A., *et al.*. 2006. Aproveitamento Industrial. *A cultura do arroz no Brasil* 2: 1007–41.

Castro, E.M., Vieira, N.R.A., Rabelo, R.R., Silva, S.A. 1999. Quantidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 33p.

Ciclitira, P. J. e Ellis, H. J. 1987. Investigation of cereal toxicity in coeliac disease. *Postgraduate Medical Journal*, 63, pp. 767-775.

Collin, Pekka. 2005. Should Adults Be Screened for Celiac Disease? What Are the Benefits and Harms of Screening? *Gastroenterology* 128 (4 Suppl 1): S104–8.

Comissão Europeia. Regulamento (CE) nº 41/2009 de 20 de janeiro de 2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:016:0003:0005:PT:PDF>
Acesso em: 15 de Setembro de 2014

Coulter, T. P. 2002. Food the Chemistry of Its Components. The Royal Society of Chemistry, 4th Ed., Cambridge, U.K

Crockett, R., Vodovotz, P., Le, Y.. 2011. How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model Gluten-Free Dough?. *Journal of food science* 76 (3): E274–82.

Cubero, N., Monferrer, A., Villalta J., 2002. *Aditivos Alimentares*. Mundi-Prensa Libros. Madrid.

Danowski, L., Brand, L., Connolly, J.. 2003. Selections from the Current Literature: Gluten-Free Diets, Coeliac Disease and Associated Disorders. *Family practice* 20 (5): 607–11.

Decreto Lei 227/90, de 10 de julho relativo às características do arroz destinado à intervenção, bem como as do arroz e das trincas destinadas ao consumo. Disponível em: <http://dre.tretas.org/dre/21026/> Acesso em: 14 de setembro de 2014

Dobraszczyk, B.J., Grant, M., e Campbell, Z.. 2001. Bread: A Unique Food. In: D.A.V Dendy, B.J. Dobraszczyk, Cereals and Cereal Products: *Chemistry and Technology*. pp. 182-232) Aspen Publications, Gaithersburg, ML

Domene, S.M.A. 1996. Estudo do valor nutritivo mineral do farelo de arroz. Utilização do zinco, ferro, cobre e cálcio pelo rato em crescimento. Tese (Doutoramento) Universidade de Campinas.

Duarte, L., Esteves, M., Carvalheiro, F., et al., 2006. Os Subprodutos Agro-Industriais de Natureza Lenhocelulósica. 56–62.

El-Dash, Almed, Moacir Roberto Mazzari, and Rogério Germani. 1994. 1 *Tecnologia de Farinhas Mistas: Uso de Farinha Mista de Trigo E Mandioca Na Produção de Pães*. Brasília.

Estatísticas Agrícolas 2013. 2013. Portugal

FAO/WHO. Food And Agricultura Organization/World Health Organization. Codex Alimentarius. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.org/> Acesso em: 20 de dezembro de 2014

Farrell, R., Kelly, C.. 2010. Sleisenger and Fordtran's Gastrointestinal and Liver Disease: Pathophysiology, Diagnosis, Management." In *Celiac Disease and Refractory Celiac Disease*, ed. Elsevier. Philadelphia: MARK FELDMAN, L. S. F. E. L. J. B.

Fasano, A., Catassi, C.. 2001. Current Approaches to Diagnosis and Treatment of Celiac Disease: An Evolving Spectrum. *Gastroenterology* 120 (3): 636–51.

Fellows, P. J. 2006. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e prática. Tradução: Florencia Cladera Oliveira, *et al.*, 2º ed, Porto Alegre: Artmed

Fennema, S. D., Kirk, L., Owen, R., 2010. *Química de Alimentos de Fennema*.

Flaischmann. 2012. A História Do Fermento. *Disponível em: <http://www.fleischmann.com.br/blog/?p=546>* Acesso em: 13 de outubro de 2014

Gallagher. E., Gormley, T.R., Arendt, E.K.. 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering* 56: 153-161

Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K.. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology* 15: 143-152

Gava, I. J. Silva, C., Frias, J.. 2009. *Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações*. São Paulo: Nobel, 2009, 511p.

Gianfrani, C., Auricchio S., Troncone R., 2005. Adaptive and Innate Immune Responses in Celiac Disease. *Immunology letters* 99 (2): 141–45.

Grant, C., Hunter, C.A., Flannigan, B., e Bravery, A.F.. 1989. Water activity requirements of moulds isolated from domestic dwellings. In: *Biodeterioration*, 25, 259-284p.

Gregorini, A., Colomba, M., Ellis, H., Ciclitira, P.. 2009. Immunogenicity Characterization of Two Ancient Wheat A-Gliadin Peptides Related to Coeliac Disease. *Nutrients* 1 (2): 276–90.

Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C., Galotto, M.J. 2004. Different Hydrocolloids as Bread Improvers and Antistaling Agents. *Food Hydrocolloids* 18: 241–47.

Hammond, N. 1994. Functinal and Nutritional Characteristics of Rice Bran Extracts. In *American Cereal Chemists*, St. Paul, 752–54.

Haralampu, S.G. 2000. Resistant Starch—a Review of the Physical Properties and Biological Impact of RS3. *Carbohydrate Polymers* 41 (3): 285–92.

Hausch, F., Shan, L., Santiago, N.. 2002. Intestinal Digestive Resistance of Immunodominant Gliadin Peptides. *American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology* 283 (4):

Hoffenberg, Edward J. 2005. Should All Children Be Screened for Celiac Disease? *Gastroenterology* 128 (4 Suppl 1): S98–103.

Hoseney, R. C., Rogers, D. E. 1990. The Formation and Properties of Wheat Flour Doughs. *Critical reviews in food science and nutrition* 29 (2): 73–93.

Hunter, Beatrice. 1987. Gluten Intolerance : The Widespread Genetic Defect That Can Cause Arthritis, Enteritis, Schizophrenia and Other Health Problems. In *Keats Publishing*, Los Angeles

Júnior, S. M., Bassinello, P., Caliar, M.. 2009. Qualidade de Pães Com Farelo de Arroz Torrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 29 (3): 636–41.

Kent, N.L., Evers, A.D. 1994. *Technology of Cereals: Introduction for Students of Food Science and Agriculture*, Fourth Edition. Oxford, Pergamon.

Koning, Frits. 2012. Celiac Disease: Quantity Matters. *Seminars in immunopathology* 34(4): 541–49.

Kurppa, K., Pekka C., Mäki M., e Kaukinen K., 2011. Celiac Disease and Health-Related Quality of Life. *Expert review of gastroenterology & hepatology* 5 (1): 83–90.

Lafiandra D., Masci S., D'ovidio R. 2004. The Gluten Proteins. Royal Society of Chemistry. Cambridge.

Lai, L.S., Liu, Y.L., Lin, P.H. 2003. Rheological/textural Properties of Starch and Crude Hsian-Tsao Leaf Gum Mixed Systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 3: 1051–58.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M. *et al.* 2007. Effects of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality Parameters in Gluten-Free Formulations. *Journal of Food Engineering* 79: 1033–47.

Legislação Portuguesa. Portaria nº52/2015 de 26 de fevereiro relativa a fixação das características a que devem obedecer os diferentes tipos de pão e de produtos afins do pão ou de padaria fina. Disponíveis em: <http://dre.tretas.org/dre/477036/> Acesso em: 1 de Março de 2015

Legislação Portuguesa. Portaria 254/2003 de 19 de março define as características e estabelece as regras de rotulagem, acondicionamento, transporte, armazenagem e comercialização das farinhas destinadas a fins industriais e a usos culinários, bem como das sêmolas destinadas ao fabrico de massas alimentícias e a usos culinários. Disponível em: <http://dre.tretas.org/dre/161434/> Acesso em: 22 de Janeiro de 2015

Lei nº 75/2009 de 12 de agosto estabelece normas com vista à redução do teor de sal no pão como informação de rotulagem de alimentos embalados destinados ao consumo humano. Disponível em: http://www.segurancalimentar.com/leg_desc1.php?id=2272 Acesso em: 15 de Setembro de 2014

Maiuri, L., Ciacci, C., Ricciardelli, I.. 2005. Unexpected Role of Surface Transglutaminase Type II in Celiac Disease. *Gastroenterology* 129 (5): 1400–1413.

Marlett, J., McBurney, M., Slavin, J.. 2002. Position of the American Dietetic Association: Health Implications of Dietary Fiber. *Journal of the American Dietetic Association* 102 (7): 993–1000.

Marsh, M. N. 1992. Gluten, Major Histocompatibility Complex, and the Small Intestine. A Molecular and Immunobiologic Approach to the Spectrum of Gluten Sensitivity ('celiac Sprue'). *Gastroenterology* 102 (1): 330–54.

Marti, T., Molberg, O., Li, Q., *et al.* 2005. Prolyl Endopeptidase-Mediated Destruction of T Cell Epitopes in Whole Gluten: Chemical and Immunological Characterization. *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics* 312 (1): 19–26.

Martins I., Porto A., e Oliveira L. Tabela de Composição dos Alimentos. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.

Matos, M.. 2013. Formulaci3n Y Desarrollo de Productos Horneados Libres de Gluten a Base de Harina de Arroz Enriquecidos Con Proteinas (Tesis Doctoral). Universidade Polit3cnica de Val3ncia.

Mattos, Camila. 2010. Instituto de Ci3ncia e Tecnologia de Alimentos Desenvolvimento de um p3o fonte de fibras a partir do bagaço de malte. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Matuda, T. G. 2008. Estudo do congelamento da massa de p3o: determinaç3o experimental das propriedades termof3sicas e desempenho de panificaç3o. Escola Polit3cnica - Universidade de S3o Paulo. Dispon3vel em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/...17112008.../Matuda_2008.pdf... > Acesso em : 3 de outubro de 2014

Meresse, B. Ripoché, J. Heyman, M., Cerf-Bensussan, N.. 2009. Celiac Disease: From Oral Tolerance to Intestinal Inflammation, Autoimmunity and Lymphomagenesis. *Mucosal immunology* 2 (1): 8–23.

Molberg, Ø., Shan, L., Parrot, I.. 1998. Tissue Transglutaminase Selectively Modifies Gliadin Peptides That Are Recognized by Gut-Derived T Cells in Celiac Disease. *Nature Medicine* 4(6): 713–17. Dispon3vel em: <http://dx.doi.org/10.1038/nm0698-713> Acesso em: 20 de Janeiro de 2015.

Nachman, F., Sugai, E., V3zquez, H.. 2009. Quality of Life in Celiac Disease Patients: Prospective Analysis on the Importance of Clinical Severity at Diagnosis and the Impact of Treatment. *Digestive and liver disease : official journal of the Italian Society of Gastroenterology and the Italian Association for the Study of the Liver* 41(1): 15–25.

Noronha, J. F. 2003. An3lise Sensorial - Metodologia. Escola Superior Agr3ria de Coimbra. 1-26p.

Nunes, A. G., Faria, A. P. S.; Steinmacher, F. R.; Vieira, J. T. C, 2006. Processos Enzim3ticos E Biol3gicos Na Panificaç3o. Universidade Federal de Santa Catarina Florian3polis.

Pala, A. M. F. 2013. Formaç3o de Um Painel de Provadores Para Melhoria de Produtos de Pastelaria. Dispon3vel em: http://run.unl.pt/bitstream/10362/10985/1/Pala_2013.pdf. Acesso em: 12 de Janeiro de 2015

Pattison, T.-L., Holy A.. 2001. Effect of Selected Natural Antimicrobials on Baker's Yeast Activity. *Letters in Applied Microbiology* 33 (3): 211–15.

Pedro, N., Lopes, S., Szantho, A., Costa, A., Moura, J.J. 2009. Doença Celíaca - Revisão de Conceitos E Novos Desenvolvimentos. *Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna* 16: 62–68.

Penfield, M.P.; Campbell, A.M., 1990, *Experimental Food Science*, San Diego: Academic Press, 541p.

Pereira, Z. P.. 2010. “Utilização do farelo de arroz na elaboração de biscoito.” Universidade do extremo sul Catarinense - UNESC. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/729/Zenai%20Peres%20Pereira.pdf?sequence=1> Acesso em: 20 de dezembro de 2014

Philippi, S. T. 2006. *Nutrição E Técnica Dietética*. ed. Editora Manole. Brasil

Phillips, G.O., Williams, P.A. 2009. *Handbook of Hydrocolloids*. Woodhead Publishing, Cambridge

Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A. , Schoenlechner, R. 2012. Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *J. Cereal Sci.* 56: 389-395

Piper, J. L., 2004. “Effect of Prolyl Endopeptidase on Digestive-Resistant Gliadin Peptides in Vivo.” *The Journal of pharmacology and experimental therapeutics* 311(1): 213–19.

Pulido, Olga M et al. 2009. “Introduction of Oats in the Diet of Individuals with Celiac Disease: A Systematic Review.” *Advances in food and nutrition research* 57: 235–85.

Quaglia, G. 1991. *Ciencia Y Tecnologia De La Panificacion*. Zaragoza: ACRIBIA. 485p.

Rambo, J. R., Nogueira, L. M.. 2014. Colheita, Secagem, Beneficiamento e Classificação Do Arroz. 97. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitotecniatecnologiadealimentosesocioeconomia716/orivaldoarf/colheita---beneficiamento-e-classificacao-do-arroz---rambo-e-lais.pdf> Acesso em: 17 de novembro de 2014

Rao, M.A., Silva, J.A.L.. 1992. Viscoelastic Properties of Food Hydrocolloid Dispersions. In *Viscoelastic Properties of Foods*. Rao M.A. Steffe, J.F. (Eds), pp. 285-315, Elsevier Applied Science, U.K.

Raymundo, A.; Empis, J. e Sousa, I. (1998). Method to evaluate foaming performance. *Journal of Food Engineering* 36, 445-452.

Regulamento (CE) n.º 41/2009 DA COMISSÃO de 20 de Janeiro de 2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten.

Regulamento (UE) n.º 1169/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2011, relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios.

Rodrigues, A. S. M. 2013. A Doença Celíaca: Etiopatogenia, Diagnóstico, Aspectos Clínicos E Tratamento. Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando

Pessoa, Porto. Disponível em:
http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4096/1/TESE_Ana%20Sofia%20Rodrigues.pdf
Acesso em: 3 de Dezembro de 2014

Rombaldi, C.V. 1988 Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz (*Oryza sativa* L.). Pelotas: UFPel-FAEM. 137p.

Rostom, A., Murray, Kagnoff. 2006. American Gastroenterological Association (AGA) Institute Technical Review on the Diagnosis and Management of Celiac Disease. *Gastroenterology* 131(6): 1981–2002.

Sabanis, D., Lebesi, D., & Tzia, C. 2009. Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT– Food Science and Technology*, 42, 1380–1389.

Sajilata, M.G., Rekha S. S., Pushpa R. K., 2006. Resistant Starch?A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5(1): 1–17.

Saunders, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World*, v. 35, n. 7, p. 632-636, 1990.

Schmidt-Hebbel, Hermman. 1981. *Avances En Ciencia Y Tecnologia Dos Alimentos: Edición Actualizada Y Ampliada*. ed. Merck Química Chilena. Santiago, Chile.

Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., León, A.E., Pérez, G.T. 2010. Effect of Hydrocolloids on Gluten-Free Batter Properties and Bread Quality. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 2306–12.

Shan, L., Molberg, O., Parrot, I., *et al.* 2002. Structural Basis for Gluten Intolerance in Celiac Sprue. *Science. New York*, 297(5590): 2275–79.

Silva G. S. T, Furlanetto T. 2010. 56 *Artigo Revisão Diagnóstico de Doença Celíaca Em Adultos*. Porto Alegre.

Sollid, L. M., e Thorsby, E.. 1993. HLA Susceptibility Genes in Celiac Disease: Genetic Mapping and Role in Pathogenesis. *Gastroenterology* 105(3): 910–22.

Sollid L.M., Ludvig M. 2002. Coeliac Disease: Dissecting a Complex Inflammatory Disorder. *Nature reviews. Immunology* 2(9): 647–55.

Sousa, I.M.N. 2001. A Reologia de Produtos Alimentares. In *Reologia e Suas Aplicações Industriais*, Lisboa: Instituto Piaget, 131–57.

Sousa, Isabel e Pereira, Mara Lino. 2010. Protocolos E Problemas Para as Aulas Práticas de Reologia e Estrutura dos Alimentos. 26pp. Disponível em:
<https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/5742/1/Protocolos%20REAx.pdf>
Acesso em: 7 de Janeiro de 2015

Stampfli, L, and B Nersten. 1995. Emulsifiers in Bread Making. *Food Chemistry* 52(14): 353–60.

Sugai, Emilia *et al.* 2010. Celiac Disease Serology in Patients with Different Pretest Probabilities: Is Biopsy Avoidable? *World journal of gastroenterology: WJG* 16(25): 3144–52.

Szczesniak, A.S. 2002. Texture Is a Sensory Property. *Food Quality and Preference*. 13 (4): 215–25.

Teste Saúde. Celíacos. Doença celíaca adeus glúten. Portugal: DECO proteste, v. 113, nº fev/mar 2015, p. 22-25

Vader, W., *et al.* 2003. The HLA-DQ2 gene dose effect in celiac disease is directly related to the magnitude and breadth of gluten-specific T cell responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, pp. 12390-12395.

Veloso, Diana. 2007. Nutricías. *Associação Portuguesa de Nutricionistas*: 68.

Vitoria, J. C., Zubillaga, P., Sojo, A., 1999. [Diagnosis of Celiac Disease]. *Anales españoles de pediatría* 51(6): 602–8.

Volta, U., Villanacci. V.. 2011. Celiac Disease: Diagnostic Criteria in Progress. *Cellular & molecular immunology* 8 (2): 96–102.

Weber, F. H., Clerici, M. T. P. S., Collares-Queiroz, F. P., Chang, Y. K. 2009. *Interaction of Guar and Xanthan Gums with Starch in the Gels Obtained from Normal, Waxy and High-Amylose Corn Starches*.

7 Anexos

- **Anexo I:**

A) Resumo – 12º Encontro de Química dos Alimentos

B) Poster – 12º Encontro de Química dos Alimentos

C) Abstract – IBEREO 2015: Challenges in rheology and product development.

- **Anexo II:**

A) Ficha de prova da Análise Sensorial de base de pizza sem glúten (Amostras simples)

ANEXO I

A) Resumo – 12º Encontro de Química dos Alimentos

Base de pizza sem glúten a partir de subprodutos da indústria

Diana Narciso^{a}, Patricia Fradinho^a, Anabela Raymundo^a, Isabel de Sousa^a, Catarina Prista^b*

^aCEER-BiosystemsEngineering, Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal ^bCBAA, Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

*narcisodiana@gmail.com

A doença celíaca afeta indivíduos geneticamente predispostos que apresentam intolerância às prolaminas, proteínas constituintes do glúten. Este forma-se quando se mistura farinha de trigo e água e aplica-se posteriormente um trabalho mecânico [1]. Aquando a sua ingestão ocorre atrofia total ou subtotal das vilosidades da mucosa do intestino delgado tendo como consequência a má absorção dos diversos nutrientes provenientes duma dieta [2-3].

O glúten está presente maioritariamente nos cereais como o trigo, mas também, no centeio e na cevada. A nível industrial é utilizada farinha de trigo como ingrediente principal para a obtenção das massas para pizza, uma vez que tem capacidade de formar uma massa com características de extensibilidade e viscoelasticidade, capaz de reter o gás produzido durante a fermentação e nos primeiros estágios de cozedura [1].

É do interesse da indústria alimentar dar resposta a este nicho específico de mercado utilizando cereais alternativos, na medida em que esta patologia é apenas tratável através de um regime alimentar isento de glúten. Os diversos produtos existentes no mercado em Portugal, isentos de glúten, são importados. A grande dificuldade é imitar a estrutura produzida pelo complexo proteico do glúten quando da utilização das farinhas isentas do mesmo.

A utilização de farinha de arroz e farelo de arroz é uma hipótese para a confeção de massas de pizza isentas de glúten, por ter um paladar suave, ter uma coloração atrativa, possuir preços competitivos, ser de fácil digestão e isento de glúten. Porém, é um desafio, na medida em que não formam massas com as características viscoelásticas típicas dos produtos de panificação [4].

Com o presente trabalho pretende-se elaborar um Mix para base de pizza livre de glúten a partir de subprodutos provenientes da indústria de arroz, ou seja, farinha e farelo de arroz. Após a mistura dos ingredientes todos, a massa foi batida durante 10 minutos numa batedeira vulgar na velocidade máxima. A massa homogeneizada é posteriormente colocada numa forma onde fica a repousar a uma humidade e temperatura constante de 20°C durante 40 minutos. Depois coloca-se a massa no forno a 200°C durante 15 a 20 minutos.

A massa fermentada foi caracterizada em termos de textura – teste de perfil de textura (TPA) - e as bases da pizza, após cozimento e arrefecimento até à temperatura ambiente, foram sujeitas a um teste de *cutting* no mesmo texturómetro (TA-XTplus, StableMicrosystems). Avaliou-se instrumentalmente a cor (método CIELAB), quantificou-se a actividade da água de todas as bases. As receitas que apresentaram características de textura mais semelhantes às massas tradicionais foram sujeitas a uma análise sensorial, por parte de um painel não treinado.

Um dos principais objetivos do trabalho é aumentar a oferta para o nicho de mercado dos doentes celíacos.

Agradecimentos:

Este trabalho foi realizado no âmbito do programa COMPETE: Projecto QREN n.º38749 “Arroz+”

Referências:

- [1] AG Nunes, et al. Processos enzimáticos e biológicos na panificação. UFSC-Universidade Federal De Santa Catarina. 2006
- [2] AGA Institute, Gastroenterology, 2006, 131, 981 – 2002.
- [3] U Volta, V Villanacci, Cellular & Molecular Immunology, 2011, 8, 96-102.
- [4] A Oliveira, O Carlos et al. Farinha de arroz e derivados: alternativas para a cadeia produtiva do arroz no Rio Grande do Sul. 2011. Brasil

B) Poster – 12º Encontro de Química dos Alimentos



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



INSTITUTO
SUPERIOR DE
AGRONOMIA
Universidade de Lisboa



Desenvolvimento de base de pizza isenta de glúten a partir de subprodutos da indústria arroseira.

Diana Narciso*, Patrícia Fradinho, Catarina Prista, Anabela Raymundo, Isabel de Sousa

CEER – BioSystems Engineering, Instituto Superior de Agronomia/Universidade de Lisboa,
Tapada do Alentejo, 1349-017 Lisboa, Portugal
*E-mail: narcisodiana@gmail.com

INTRODUÇÃO

Atualmente a doença celíaca está mais desmistificada, estando os portadores desta doença mais alertados para o risco de uma alimentação não adaptada às suas condições. As pizzas podem ser refeições completas, diversificadas e rápidas e por isso possuem uma grande procura, sendo o seu consumo proibido aos doentes celíacos pela presença do glúten. Com o presente trabalho pretende-se contribuir para o desenvolvimento de um Mix para bases de pizza isentas de glúten a partir de subprodutos da indústria de arroz.

OBJETIVOS

Desenvolvimento de um Mix para bases de pizza isenta de glúten a partir de subprodutos da indústria.

- ✦ Incorporar trinca e farelo de arroz numa formulação isenta de glúten
- ✦ Valorizar subprodutos da indústria arroseira

Preparação das bases

1. Mistura dos ingredientes Sólidos
2. Homogeneização (20 9C, 3 min.)
3. Juntar ingredientes Líquidos
4. Homogeneização (20 9C, 10 min.)
5. Enformar
6. Levedar (239C, 40 min, c/ pano húmido)
7. Forno (180 9C, 20 min)

MÉTODOS

Caraterização das Bases de Pizza

Análises à textura (texturómetro TA-XTplus, StableMicrosystems)

- TPA → Massa

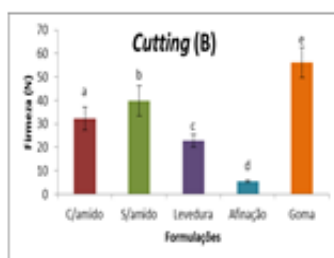
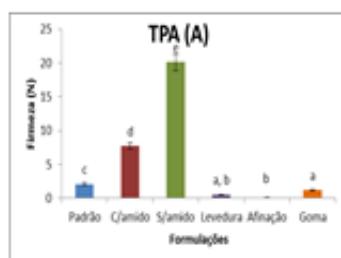
- Cutting → Slice

Determinação da atividade de água (a_w , a_m , Quick Rotronic, Hygrolab).

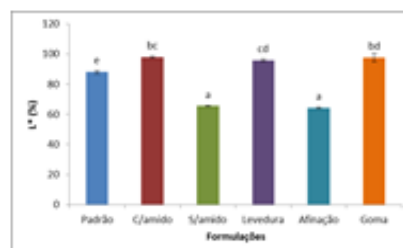
Determinação da Cor através do método CIElab (CR-300, Konica Minolta)

RESULTADOS

Firmeza das formulações de base de pizza isenta de glúten (A) antes e (B) após cozedura.



Análise de Cor



Atividade de água (a_w)

Todas as formulações apresentaram valores de a_w entre 0.92 e 0.99.

CONCLUSÕES

Os Mix's de base de pizza sem glúten podem ser uma excelente refeição de preparação fácil e rápida para portadores de doença celíaca. Desta forma, é possível valorizar subprodutos da indústria arroseira dando resposta a uma necessidade de alimentar um nicho de mercado.

Trabalho realizado no âmbito do programa COMPETE: QREN - "Arroz" projeto 35749 em colaboração com a indústria.



C) Abstract – IBEREO 2015: Challenges in rheology and product development.



ABSTRACT

Development of a gluten-free mix for pizza base – rheological approach

Diana Narciso, Patrícia Fradinho, Isabel de Sousa, Anabela Raymundo.

Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF) Centro de Investigação em Agronomia, Alimentos, Ambiente e Paisagem do ISA-ULisboa, Tapada da Ajuda 1349-017 Lisboa, Portugal

e presenter: anabraymundo@isa.ulisboa.pt

E-mail of th

TOPIC: Applications (polymers, biopolymers and biomaterials, biofuels, food, cosmetics, pharmaceuticals and health products among others)

Recently, there has been an increase of both the demand and supply of gluten-free products. However, the production of gluten-free bakery products presents a technological challenge, due to the limited capacity of the gluten-free doughs in sustaining the CO₂ produced during fermentation.

The aim of this study is the development of a mix, for pizza base, designed for home preparation, increasing the market supply of gluten-free products without the high prices normally associated with this kind of products. This is achieved through the use of rice by-products - broken rice and rice bran-, which also contribute to the nutritional enrichment of the final product due to their dietary fiber content, polyunsaturated fatty acids, vitamins and minerals. The pizza base formulations were based on traditional recipes, replacing wheat flour with rice flour and rice bran. Other ingredients such as egg, corn starch and oil were also used to enhance the sensory characteristics of the pizza base developed.

The rheological behaviour of the dough was assessed by small-amplitude oscillatory shear measurements in a Haake RS-75 controlled-stress rheometer. A serrated parallel plate with 20mm diameter was used and a 1.5mm gap was applied. A stress sweep test was performed and the maximum tension value within the viscoelastic linear region was used for the mechanical spectra.

The results of the developed dough were compared with the ones from two commercial products: a gluten-free mix and a whole flour mix with gluten. A control formulation with wheat flour prepared in similar conditions as the gluten-free dough was also used.

The storage modulus G' (elastic component) was greater than the loss modulus G'' (viscous component) for all samples analysed, showing a predominantly elastic behaviour. The gluten formulations showed higher frequency dependence of G' and G'' than the gluten-free ones. Gluten-free dough also presents a wider gap between G' and G'' values, meaning that this dough has a stronger structure than gluten doughs.

Acknowledgements: This work was supported by COMPETE program: QREN - "Arroz +" project n.38749.

ANEXO II – Ficha de prova da Análise Sensorial de base de pizza sem glúten (Amostras simples)

Idade: ____ Género: F/M

Assinale com um circulo à volta da classificação que acha mais adequada para o atributo que está a ser avaliado.

Prove as amostras da Direita para a Esquerda.

Código amostra: ____

Aparência	Cor	Cheiro/Odor	Textura percebida na boca
1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito mais escuro que o ideal 2. Mais escuro que o ideal 3. Ideal 4. Mais claro que o ideal 5. Muito mais claro que o ideal	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável
Sabor	Apreciação global	Intenção de compra	
1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. De certeza que não compraria 2. Provavelmente não compraria 3. Não sei se compraria 4. Provavelmente compraria 5. De certeza que compraria	

Código da amostra: ____

Aparência	Cor	Cheiro/Odor	Textura percebida na boca
1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito mais escuro que o ideal 2. Mais escuro que o ideal 3. Ideal 4. Mais claro que o ideal 5. Muito mais claro que o ideal	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável
Sabor	Apreciação global	Intenção de compra	
1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. Muito desagradável 2. Desagradável 3. Ligeiramente desagradável 4. Ligeiramente agradável 5. Agradável 6. Muito agradável	1. De certeza que não compraria 2. Provavelmente não compraria 3. Não sei se compraria 4. Provavelmente compraria 5. De certeza que compraria	

Qual a amostra que prefer (código): ____